



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní

HODNOCENÍ FYZIOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ PRVNÍ VRSTVY ODĚVU

Ing. Ladislav Nagy

AUTOREFERÁT DISERTAČNÍ PRÁCE

Název disertační práce: Hodnocení fyziologických vlastností první vrstvy oděvu
Autor: Ing. Ladislav Nagy
Obor doktorského studia: Textilní technika
Forma studia: Kombinovaná
Školící pracoviště: FT – katedra oděvnictví
Školitel: doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.
Školitel specialista: -

Složení komise pro obhajobu disertační práce

Předseda: prof. Ing. Luboš Hes, DrSc., Dr.h.c.
Místopředseda: doc. Ing. Josef Dvořák, CSc.
Členové: prof. Ing. Karel Adámek, CSc. (oponent)
prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs
prof. Ing. Jaroslav Šesták, DrSc., dr.h.c. (oponent)
doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
doc. RNDr. Miroslav Šulc, Ph.D.
doc. Ing. Maroš Tunák, Ph.D.
Ing. Petra Komárková, Ph.D.

S disertační prací je možno seznámit se na děkanátu Fakulty textilní Technické univerzity v Liberci.

Liberec 2015

Anotace

Moderní sendvičové struktury oděvního systému musí zabezpečovat co nejlepší fyziologický komfort uživatele při velmi odlišných podmínkách jejich použití a fyzické námahy. Základem funkčnosti této struktury oděvu je její první vrstva, která odvádí pot a páru z povrchu pokožky do dalších vrstev a proto se tato práce primárně soustředí na tuto vrstvu oděvu. Tato vrstva je v přímém kontaktu s pokožkou a proto se hodnocení zaměřuje nejen na její termofyziologické vlastnosti z hlediska její konstrukce a materiálového složení, ale také na hodnocení sensorického omaku textilie. Dále je rozpracovaná metodika pro subjektivní hodnocení oděvů. Protože je celkové komplexní hodnocení oděvního komfortu oděvů poměrně složité je na základě objektivně měřených užitečných vlastností navržen výpočet indexu komfortu oděvu. Vhodnou volbou koeficientů významnosti ve výpočtu můžeme tak efektivně směřovat oděv pro jednotlivé skupiny uživatelů.

Klíčová slova:

oděvní komfort, první vrstva oděvu, objektivní hodnocení termofyziologických vlastností oděvů, subjektivní hodnocení komfortu

Annotation

Modern sandwich structure of a clothing system must provide the best possible physiological comfort of the user in very different conditions of use and levels of physical exertion. The functional basis of this garment structure is the first layer which removes perspiration and vapour from the skin surface into next layers and therefore this function is primarily focused on this layer of garment. As this layer is in direct contact with the skin the evaluation does not focus only on its thermophysiological properties in terms of its structure and composition, but also on of sensory perception of the fabric. A methodology for subjective evaluation clothing is elaborated next. As a comprehensive evaluation of clothing comfort is rather complex an index of comfort clothing was designed. We can efficiently create apparel for different groups of users with the use of suitable significance coefficients.

Keywords:

Clothing comfort, First layer of clothing, Objective evaluation of thermophysiological clothing properties, Subjective evaluation of comfort

Аннотация

Современная структура «сэндвич» в одежде должна обеспечивать лучший физиологический комфорт для человека в различных условиях и при физической нагрузке. Основа функциональности этой структуры в одежде является первый слой, который впитывает пот и пар от поверхности кожи и переходит в другие слои и, следовательно, эта функция в основном сосредоточена в первом материале одежды. Этот слой находится в непосредственном контакте с верхней частью кожи, и поэтому оценка уделяется не только термофизиологическим свойствам, с точки зрения структуры и состава материала, а также оценивается ткань на ощупь. Еще разработана методика для субъективной оценки одежды. Поэтому, комплексная оценка комфорта в одежде довольно сложна, на основании объективного измерения основных свойств одежды выведена формула «индекса комфорта одежды». По результату коэффициента, рассчитанного по «индексу комфорта одежды», мы можем эффективно подобрать одежду для разных групп людей.

Ключевые слова:

Одежда, комфорт, первый слой одежды, объективная оценка термофизиологических свойств одежды, субъективная оценка комфорта

Obsah

1	Úvod	1
1.1	Motivace disertační práce	2
2	Předmět a cíle disertační práce	3
2.1	Členění disertační práce	4
3	Přehled současného stavu problematiky	5
4	Studované materiály	9
5	Použité metody hodnocení	11
5.1	Návrh objektivní metody pro hodnocení oděvního komfortu	12
6	Přehled dosažených výsledků	13
6.1	Srovnání subjektivního a objektivního hodnocení oděvního komfortu	16
7	Zhodnocení výsledků a nových poznatků	19
8	Závěr	21
8.1	Doporučení na pokračování práce	22
8.2	Původní výsledky a jejich uplatnění	23
9	Seznam použité literatury	24
10	Práce autora se vztahem ke studované problematice	28
10.1	Publikace v odborných časopisech	28
10.2	Příspěvek ve sborníku z konference, publikace a monografie	28
10.3	Příspěvky na konferencích	28
10.4	Citace	29
11	Curriculum Vitae	30
	Stručná charakteristika dosavadní odborné, výzkumné a vědecké činnosti	33
	Zápis o vykonání státní doktorské zkoušky	35
	Vyjádření školitele doktoranda	36
	Oponentské posudky disertační práce	38

1 Úvod

Oděv je nedílnou součástí lidského života. Primární rolí oděvu je chránit tělo před nestálým okolním prostředím. Lidské tělo může být považováno za otevřený systém, který je vždy ve stavu fyzické, chemické a biologické interakce s okolím. Pro dobrý fyziologický komfort je nezbytný odvod vlhkosti do okolí. Transport tepla závisí na okolní teplotě a fyzické aktivitě člověka. Oděv člověka slouží jako ochranný systém, ve kterém dochází k prostupu tepla a vlhkosti. Prostup tepla a vlhkosti závisí na konstrukci, střihu, použitém materiálu a ostatních parametrech. Oděv pomáhá k termoregulaci organismu v takových případech, kdy tělo samo není schopno optimální autoregulace.

Současný stav fyziologického komfortu oděvů je ve světě předmětem pozornosti všech výrobců plošných textilií a oděvů, protože významně ovlivňuje psychiku a výkon nositele oděvů. Moderní oděvy umožňují téměř dokonalou ochranu těla při různých teplotních a povětrnostních podmínkách okolí, ale i při různém namáhání člověka, tj. při různé tvorbě vlhkosti a tepla.

Práce na zkoumání prostupu tepla a vlhkosti oděvem, vývoji simulačního modelu a celkové optimalizaci fyziologického komfortu u oděvů je v zahraničí dokumentována množstvím konferencí a publikací soustřeďujících se na toto téma - např. [1] [2] [3] [4] [5]. Z nich je patrná snaha o hledání cesty, jak tento problém vůbec uchopit. Zmíněné výzkumy vedly k poznání, že pohodlí je jedním z nejdůležitějších aspektů oblečení a výkonnosti uživatele.

Komfort jako takový je poté možno definovat jako stav organismu, kdy jsou fyzikální funkce organismu v optimu a kdy okolí člověka včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy. Subjektivně je tento pocit brán jako pocit pohody. Komfort je vnímán lidskými smysly, vyjma chuti, v následujícím pořadí důležitosti: hmat, zrak, sluch, čich. Při diskomfortu je možné pociťovat nepříjemné vjemy jako pocity nadměrného tepla či chladu [6].

„Komfort lze jednoduše definovat jako absenci znepokojujících a bolestivých vjemů“ [6].

Moderní systém funkčního oblečení se skládá standardně ze tří vrstev. První vrstva se skládá ze spodního prádla, které musí splňovat podmínky na senzoričtý komfort a transport vlhkosti. Tato vrstva se většinou skládá ze syntetických vláken na bázi polypropylenu či tvarovaných polyesterových vláken. Bavlněná vlákna se příliš nepoužívají pro vysokou navlhavost, která způsobuje posléze nepříjemné ochlazení a špatné senzoričtí vlastnosti při dotyku s pokožkou. Druhou vrstvu oděvního materiálu je možné vytvořit jako tepelně-izolační, např. fleece. Tepelně-izolační vlastnosti závisí na množství uzavřeného suchého vzduchu. Třetí ochranná vrstva by měla umožnit transport vodních par (zejména mechanismem difuze) do okolí, ale zároveň nepropustnost vody ve formě kapaliny až do hydrostatického tlaku 20 m vodního sloupce. Třetí vrstva může být samostatná, nebo se slučuje s druhou vrstvou.

Pro samotný princip transportu vodních par difuzí je rozhodující difuzní koeficient oděvních vrstev a rozdíl parciálních tlaků vodních par na různých stranách oděvní vrstvy. Difuzní koeficient je možné také hodnotit, případně měřit R_{et} (součinitel odolnosti vůči vodním parám - výparný odpor). Tepelně izolační vlastnosti materiálů jsou dány především tepelně-izolačními vlastnostmi uzavřeného vzduchu v materiálu.

Povrchové vlastnosti oděvů musí splňovat ještě další vlastnosti, které nejsou předmětem této práce, ale musí se k nim přihlížet. Jedná se o barevnost, lesk, omak, oděr, vodoodpudivost,

možnosti snadné údržby atd. Vlastní konstrukce oděvu musí umožňovat snadný pohyb, musí být pohodlná z hlediska nošení, ale také musí umožňovat rychlé a jednoduché oblékání.

1.1 Motivace disertační práce

Základním cílem této práce je výzkum a vývoj metodiky pro objektivní hodnocení fyziologického komfortu první vrstvy oděvu při dlouhodobé fyzické aktivitě uživatele v prostředí bez snadné možnosti její výměny za jinou. Její realizace přispěje ke zkvalitnění komplexního hodnocení oděvního komfortu a lepším výběrem vhodných textilních materiálů i zkvalitnění života a ochraně člověka při rizikových činnostech či profesích.

Za tímto účelem se v rámci řešení této disertační práce realizují experimentální měření a testování klasických přírodních, ale i nových typů „Smart“ přízí. Aplikační výzkum je primárně zaměřen na první vrstvu oděvu, protože tato vrstva může být jako jediná vrstva oděvu, ale může působit také v kombinaci dalších vrstev v sendvičové struktuře oděvů. Tato vrstva je v přímém kontaktu s lidskou pokožkou, a proto je této vrstvě věnovaná veškerá pozornost.

2 Předmět a cíle disertační práce

Předmětem disertační práce je hodnocení fyziologického komfortu a termofyziologických vlastností první vrstvy oděvu. Hodnocení se zaměřuje zejména na různé způsoby objektivního a subjektivního hodnocení komfortu oděvů vhodné zejména pro měření oděvního komfortu při zvýšené fyzické aktivitě uživatele. Disertační práce si klade za cíl otestovat vybrané vzorky běžných a speciálních funkčních pletenin. Vybrané testovací metody a nastavení podmínek testu, jsou proto voleny za účelem co nejvíce přiblížit testování oděvu jeho použití v reálných podmínkách. Součástí práce je také simulace zátěže probanda a následné hodnocení subjektivního pocitu diskomfortu probanda za podmínek středně náročné fyzické aktivity.

Cílem disertační práce je testování a hodnocení oděvního komfortu, které je rozděleno do dvou hlavních fází:

1. Hodnocení oděvního komfortu na přístrojích – objektivní testování vybraných termofyziologických vlastností textilií na přístrojích.
 - Hodnocení vybraných termofyziologických a materiálových vlastností oděvů.
 - Tepelná odolnost a odolnost vůči vodním parám.
 - Prodyšnost vzduchu.
 - Objemová porozita.
 - Hodnocení sensorického omaku textilie.
 - Prostup tepla přes první vrstvu oděvu.
2. Testování – simulace zátěže probanda.
 - a) Objektivní měření časového průběhu vývoje změny teploty a vlhkosti mikroklimatu v systému pokožka – oděv za definované fyzické aktivity probanda.
 - b) Subjektivní hodnocení pocitu komfortu probanda v průběhu simulované fyzické aktivity, realizované na základě dotazníkového systému.

Předpokladem pro dosažení optimálního komfortu uživatele jsou dobré materiálové výsledky termofyziologických vlastností textilií z objektivního měření na přístrojích. Takto naměřené objektivní materiálové výsledky je nutné ověřit s pomocí probandů při definované zátěži a definovaných okolních podmínkách. Protože jen samotná simulace zátěže a hodnocení komfortu oděvů na probandech představuje obtížný úkol, bude v této práci ověřování provedeno informativně na jednom probandovi.

Časový průběh vývoje změny teploty a vlhkosti z měření mikroklimatu při simulaci zátěže probanda budou podkladem pro hodnocení pomocí standardního tepelného indexu WBGT, který umožňuje objektivně hodnotit riziko přehřátí organismu. Samotné subjektivní hodnocení oděvního komfortu je důležitou součástí celkového hodnocení, protože nám umožňuje sledovat vývoj pocitu diskomfortu u probanda. Proband na základě navrženého dotazníku přímo hodnotí:

- A) Tepelné pocity.
- B) Vlhkostní pocity.
- C) Sensorické pocity.
- D) Celkové pohodlí při nošení oděvu.

Na základě provedené simulace zátěže probanda a společně s přímo měřenými materiálovými hodnotami textilií je dalším cílem této práce vybrat nejvhodnější užité vlastnosti pro vytvoření komplexního hodnocení oděvního komfortu. Výsledný index komfortu by pak měl více, či méně reflektovat zjištěné subjektivní hodnocení probandem. Dalším z výstupů této práce bude informativní srovnání objektivně měřených materiálových vlastností textilií z hodnocení na přístrojích, hodnocení rizika přehřátí organismu probanda z objektivního měření teploty a vlhkosti mikroklimatu a subjektivního hodnocení oděvního komfortu probandem.

2.1 Členění disertační práce

Disertační práce je rozdělena do několika kapitol. V první kapitole disertační práce je uveden souhrn do studované problematiky fyziologického komfortu oděvů a podrobněji je rozebrána problematika termoregulace, vlivu tepelného komfortu na fyziologický stav nositele oděvu, rozdíly v produkci potu na různých částech těla a fyziologické změny při zátěži organismu.

Druhá kapitola disertační práce se soustředí na transportní procesy u oděvů. Popisuje obecné vlastnosti textilních vláken a vliv základních parametrů textilie na tepelně-izolační vlastnosti textilie.

Třetí kapitola disertační práce se soustředí na možnosti hodnocení fyziologického komfortu oděvů. Hodnocení je rozděleno na objektivní a subjektivní hodnocení oděvního komfortu uživatelem. Objasňuje význam materiálového složení na oděvní komfort, popisuje užitečnou hodnotu textilií a transformaci určujících vlastností se stanovením koeficientu významnosti.

Čtvrtá kapitola disertační práce se zabývá experimentálním měřením. Na začátku této kapitoly je uvedena stručná charakteristika použitých oděvních vzorků a v rámci aplikačního výzkumu je provedeno hodnocení jejich užitečných vlastností. Experimentální měření je možné rozdělit na subjektivní hodnocení uživatelem, objektivní hodnocení vybraných užitečných vlastností a materiálové hodnocení textilních vzorků oděvů. Pro hodnocení celkového oděvního komfortu je pak navržen výpočet indexu komfortu.

V páté kapitole disertační práce je provedena simulace přestupu tepla přes první vrstvu oděvu za rozdílných podmínek simulovaného okolního prostředí. V rámci této kapitoly je také komparativně hodnocená effusivita vybraných vzorků triků.

Šestá kapitola disertační práce se soustředí na vzájemné srovnání výsledků subjektivního a objektivního hodnocení oděvního komfortu.

V předposlední sedmé a v poslední osmé kapitole disertační práce je pak uveden souhrn dosažených výsledků z experimentální části práce a výsledné doporučení pro optimální volbu první vrstvy oděvu při středně těžké kontinuální fyzické aktivitě uživatele oděvu.

3 Přehled současného stavu problematiky

V posledních několika letech je fyziologický komfort oděvů ve světě předmětem zvýšené pozornosti všech výrobců plošných textilií a oděvů, protože významně ovlivňuje psychiku a výkon nositele oděvu. Výzkum komfortu oděvů se v současnosti zaměřuje na různé principy jeho hodnocení spolu s hodnocením oděvního komfortu ve spojitosti s „well-being“ (pohodlím) uživatele oděvu.

Termofyziologický komfort oděvů, resp. textilií, lze zjednodušeně charakterizovat pomocí dvou základních parametrů: tepelného a výparného odporu, jestliže použijeme způsob měření založený na tzv. „skin modelu“. Místo parametru paropropustnosti můžeme použít parametr výparného odporu, který u měření simulujících reálné přenosové jevy při nošení oděvu přímo charakterizuje tepelné účinky vnímané pokožkou vznikající v důsledku odparu potu [6].

Dalším důležitým způsobem přenosu tepla je odpařování vody z povrchu těla, ze sliznic dutiny ústní a z dýchacích cest – extraglandulární výdej vody. Odpařením 1 g vody ztrácí organismus 2,5 kJ. Jisté množství se odpařuje neustále – „perspiratio insensibilis“ (představuje cca 60 ml/den, což je kontinuální ztráta 1200 kJ/den). Toto odpařování neprobíhá za účelem teplotní regulace, ale souvisí s kontinuální difuzí vody přes kůži a povrch dýchacích cest nezávisle na tělesné teplotě. V okamžiku, kdy teplota prostředí je vyšší než teplota organismu, je jediným možným způsobem, jak se zbavit tepla, odpařování potu – evaporace (glandulární výdej vody). Jakýkoliv způsob znemožňující odpařování potu vede k přehřátí organismu. Důležitým faktorem ovlivňujícím pocení je relativní vlhkost vzduchu [7].

Přechod tepla mezi okolním prostředím a organismem (může probíhat oběma směry) závisí na tepelném spádu mezi okolím a povrchem těla. Fyzikální tepelná regulace obstarává zmenšení nebo zvětšení přestupu tepla do okolního prostředí. Teplo do okolního prostředí přechází, pokud je chladnější než povrch těla. Základním předpokladem pro přestup tepla je tedy teplotní gradient. Tzv. suchý výdej tepla se uskutečňuje vedením, prouděním a sáláním. Tzv. vlhký výdej tepla se děje odpařováním a dýcháním [8] [9].

Toto se děje těmito možnými způsoby: kondukcí (vedením), radiací (zářením), konvekcí (prouděním), a to z povrchu těla a z vnitřní plochy plic (dýcháním), konvekčním odparem potu z povrchu těla a tělesné tekutiny z vnitřní plochy plic. Všechny mechanismy odvodu tepla z organismu se podílí na fyzikální termoregulaci a jejich suma se musí rovnat množství tepla, které vyrobí organismus metabolickými pochody. Velikosti jednotlivých objemů jsou závislé na činnosti organismu, jeho oblečení a vnějších klimatických podmínkách [7] [8]. Množství potu neaklimatizovaného člověka může dosahovat až 700 ml za hodinu. Adaptovaný organismus reguluje tyto ztráty na 1,5-2 litry denně [7].

Normální situace při nošení oděvu jsou charakterizovány nepozorovatelným pocením, tj. nositel nepozná transport potu ve formě vodních par. Přesto je přes polopropustnou membránu kůže vypařeno nejméně 30 gramů vodní páry za hodinu. Součinitel tepelné odolnosti R_{ct} a součinitel R_{et} (součinitel odolnosti vůči vodním parám) vrstev textilií jsou zvláště důležité pro pocit komfortu oděvů při normálním nošení (podle ISO 11092 nebo EN 31092).

Pocení je způsobeno sekreční činností potních žláz, která nastává při teplotě kůže nad 29 °C. Pot se skládá z vody, chloridu sodného, močoviny, kyseliny mléčné, mastných kyselin a jiných látek. Každý člověk má přibližně 2,5 milionu potních žláz. Potní žlázy nejsou v kůži

rozmístěny rovnoměrně. Nejvíce je jich umístěno v obličejí, na čele, v dlaních, na chodidlech, v podpaží a na přední ploše hrudníku [14].

Ve svém výzkumu se Havenith a Smith zabývají mapováním pocení na různých částech těla s porovnáním rozdílů mezi pocením u mužů a u žen. Produkce potu byla sledována při dvou intenzitách cvičení u třinácti žen a mužů v mírně teplých podmínkách (teplota vzduchu 25 °C, relativní vlhkost vzduchu 45 %, rychlost proudění vzduchu 2 m.s⁻¹). Produkce potu u žen byla srovnávána s produkcí potu u devíti mužů, sledovaných za stejných podmínek. I přes některé rozdíly v distribuci potu vykazují ženy i muži nejvyšší produkci potu na centrální horní části zad a nejnižší produkci potu směrem ke končetinám. Nebyla pozorována žádná korelace mezi lokální kožní teplotou a produkcí potu [12].

Termofyziologický komfort souvisí s přenosem tepla a vlhkosti (plynné i kapalné) přes jednotlivé vrstvy oděvu. Základními parametry jsou tedy tepelný a výparný odpor. Proudění vodních par je jednou z klíčových fyzikálních vlastností dnešního funkčního oblečení, protože proudění vodních par v oděvu je zásadní pro tepelnou rovnováhu těla a pro pohodlí [15].

Propustnost vodních par daným materiálem hraje zcela zásadní roli při hodnocení fyziologického komfortu oděvních systémů při nošení nebo při určování charakteristik výkonnosti textilních materiálů používaných ve speciálních aplikacích a funkčních oděvech. Ke kondenzaci vodních par dochází, když je velikost vzduchového prostoru velmi malá – cca 2 mm. V takových případech má výparný odpor vodních par větší účinek na proudění tepla a páry než propustnost vzduchu. Textilie propouštějící páry mají relativně nižší velikost tepelného ochlazování při kondenzaci než textilie nepropouštějící páru. Jinými slovy taková textilie může udržet teplotu a množství absolutní koncentrace vodních par v mikroklimatu na nízkých hodnotách a tím i lepší fyziologické pocity vlhkosti a tepelného komfortu u osoby, která oděv nosí [16].

Účinek propustnosti vzduchu a vodních par textilie na proudění tepla a vody v systémech oděvu zkoumali Fukazawa a kol. [16] experimentálními a teoretickými modely. Numerická analýza ukazuje, že rychlost proudění tepla a vlhkosti v mikroklimatu má úzkou souvislost s propustností vzduchu u textilie. Rychlost tepelného toku v mikroklimatu pod oděvem nepropouštějícím vzduch je rychlejší než pod propustným oděvem. U částí oděvu bez propustnosti vzduchu a par je jediná dostupná cesta pro proudění vzduchu přes konstrukční otvory oděvu. To ukazuje, že propustnost systémů oděvu vůči vodním parám a jejich tepelná izolace jsou určeny nejen vlastnostmi textilie, ale také konstrukčním řešením oděvu, jako je design horních a spodních otvorů a velikost mikroklimatického vzduchového prostoru.

Wang a kol. [17] zkoumali vliv bariérových textilií na proudění tepla a vlhkosti přes systém oděvu. Propustnost vodních par – water-vapour permeability (WVP) pro vnější vrstvu byla odvozena od publikovaných experimentálních údajů a je považována za faktor ovlivňující koeficient proudění vody na vnější vrstvě k prostředí. Analýza provedená pomocí matematického modelu ukazuje proudění tepla a vlhkosti v porézních textiliích.

Li a kol. [18] provedli teoretické zkoumání spojeného mechanismu proudění tepla a difuze kapalné vlhkosti v porézních textiliích pomocí vytvořeného matematického modelu. V tomto modelu byla rovnice popisující chování difuze kapaliny začleněna do rovnic zachování energie proudění vodních par a kapalné vody. Tyto zahrnovaly difuzi par, evaporaci a sorpci vlhkosti vlákny. Z důvodu prozkoumání interakcí mezi prouděním tepla a prouděním vlhkosti byla provedena série výpočtů s proměnnými tloušťkami a porézností textilie. Experimenty byly prováděny z důvodu validace modelu pro textilie s různými stupni hygroskopicity a

tloušťky. Předpovědi teplotních změn během přechodů vlhkosti byly porovnány s experimentálními měřeními a byla mezi nimi sledována dobrá shoda. Analýzy výsledků výpočtů a experimentů ukázaly, že proces proudění tepla, který je ovlivněn tloušťkou a porézností tkaniny (obsahem vzduchu), má významný dopad na procesy transportu vlhkosti. Při zkoumání vlivu polopropustných funkčních membrán na rozdíl parciálních tlaků vodních par a na teplotu mezi dvěma vrstvami textilie bylo vidět, že membrány ovlivňovaly změny tlaku par a teploty na obou stranách membrány.

Kim [19] zjistil, že fyzikální charakteristiky membrán mají velký vliv na úroveň transportu související s komfortem včetně změn vnitřního tlaku vodních par a teploty. Složené bavlněné a polyesterové vrstvy ukazují, že membrána může negativně ovlivnit sorpci vlhkosti kompletu nejen tím, že bude blokovat vzduchové prostory pro difuzi vlhkosti, ale hlavně neefektivní ztrátou tepla z bavlněné vnitřní tkaniny pro pokračující sorpci vlhkosti. Pomocí systému z membrány a tkaniny tato studie zdůrazňuje provázanost a sorpce vlhkosti a efektů teplotní překážky při dynamickém proudění vlhkosti přes vrstvu oděvu. Hygroskopicitu vláknitých vrstvených textilií a fyzikální vlastnosti prodyšného bariérového filmu jsou při určování komfortu vícevrstevných funkčních oděvů za přechodných podmínek důležitější než samotná hygroskopicitu membrány [20].

Pro měření parametrů proudění vodních par přes textilie se používá mnoho metod. Liší se však v efektivnosti a je těžké dát je do vzájemného vztahu. Fukuzawa a kol. [21] provedli sadu experimentů na přestup tepla a proudění vodních par přes textilií při simulovaných výškách, tj. různých tlacích vodních par. Mezi zdrojem vodních par a okolím se objevuje značný rozdíl parciálních tlaků vodních par, takže ve vzorku dochází ke kondenzaci. Tím, že vzali v úvahu přenos tepla a přenos vodních par mezi vzorkem a okolím, odvodili nové analytické vyjádření pro rychlost kondenzace v textilních materiálech. Přestože množství kondenzace v textiliích dobře nekorelovalo s jednoduchými parametry jako je teplota nebo rozdíl parciálních tlaků vodních par, bylo dosaženo dobré shody mezi velikostí kondenzace měřené experimentálně a vypočtené.

Ren a Ruckman [22] vykonali řadu experimentů, aby zjistili, zda má kondenzace odehrávající se na vnitřním povrchu bariérových textilií nebo obsah vlhkosti v takové textilií větší efekt na rychlost proudění vodních par za použití dvou rozdílných typů bariérových textilií – porézní polyuretanové a hydrofilní vrstvené - za izotermických a neizotermických podmínek. Bylo zjištěno, že obsah vlhkosti a kondenzace mají účinky na propustnost vodních par v obou textiliích; vyšší obsah vlhkosti a větší množství kondenzace zvyšují propustnost vodních par. Rychlost propustnosti vodních par u polyuretanových vrstvených textilií byla vyšší za izotermických podmínek, zatímco rychlost proudění vodních par hydrofilních vrstvených textilií byla vyšší za neizotermických podmínek. Bylo zjištěno, že způsob, kterým obsah vlhkosti a kondenzace ovlivňují proudění vodních par, je rozdílný; účinek obsahu vlhkosti na proudění vodních par za izotermických i za neizotermických podmínek je větší než účinek kondenzace.

Rossi a kol. [23] analyzovali proudění vodních par a akumulaci vlhkosti ve vrstvách různých čtyřvrstevných kombinací při několika mírně studených teplot na potíci se paži, která simuluje termofyziologické chování paže člověka. Výsledek ukazuje, že propustnost textilních vrstev a rychlost kondenzace jsou silně závislé na vnějším klimatu a hydrofilicitě vnějších vrstev. Rozdíly v efektivním výparném odporu vodních par mezi vrstvami jsou malé při klimatu s teplotou 20 °C a relativní vlhkostí 65 %, ale se snižujícími vnějšími teplotami se zvětšují. Vytváření kondenzace je nejmenší u vrstvy s hydrofilní vrstvou na vnitřní straně. Hydrofilní

vrstvy umístěné pod vnějším pláštěm obecně absorbují více vlhkosti než podobné hydrofobní vrstvy umístěné uvnitř sendvičové struktury.

Rychlost, při které jsou tyto prodyšné textilie schopny přenášet vodní páry, se nejčastěji měří za standardních podmínek pro testování textilií při 20 °C a 65 % relativní vlhkosti. Tyto testy jsou často užitečnější v předpovídání „výkonnosti“ textilie, jsou-li prováděny za 'skutečných' podmínek [24]. Proto Finn a kol. [24] studovali pracovní mechanismus přenosu vodních par přes textilie pro svrchní oděvy při čtyřech rozdílných teplotách okolí: 6, 10, 15 a 20 °C s relativní vlhkostí udržovanou konstantně na 65 %. Vliv teploty je značný a s klesající teplotou se snižuje přestup vlhkosti.

Byly provedeny také studie týkající se proudění vodních par a subjektivního senzoričkého vnímání člověka. Bartels a Umbach [25] zkoumali fyziologický dopad bariérových textilií na osoby, které nosí ochranný oděv. Zkoušky oděvu nošením testovanými subjekty v klimatické komoře zahrnují teploty okolí +20, 0 a -20 °C. Fyziologická funkce prodyšných materiálů byla porovnána s konstrukcemi nepropouštějícími vodní páry. Výsledky ukázaly, že konstrukce oděvů propouštějící vodní páry poskytuje lepší komfort při všech testovaných teplotách. Akumulace vlhkosti v obou prodyšných ochranných oděvech a celých systémech oděvů byla mnohem menší než v neprodyšných. Neexistuje žádná známka závislosti teploty odporu vodních par v hydrofilních membránových laminátech, ale výsledky ukazují, že zejména při teplotách okolí hluboko pod bodem mrazu takové paropropustné textilie zajišťují lepší ochranu před špatnými povětrnostními vlivy.

Fukazawa a kol. [26] vytvořili nový přístroj k měření odporů propustnosti vodních výparů textilií s a bez teplotních rozdílů zavedených na obou stranách vzorků. Odpor vůči vodním parám byl měřen pro kombinaci teploty a tlaku, které simulovaly snížení parciálních tlaků vodních par. Odpor vodních par byl malý, zatímco účinek tlaku byl významný, tj. odpor vůči vodním parám se snižoval se zvyšující se simulovanou nadmořskou výškou v důsledku zvýšení koeficientu difuze vodních par se zvyšujícím se parciálním tlakem vodních par. Objem kondenzace ve vzorku směřoval k nárůstu se zvyšujícím se tlakem vodním par. Kromě toho se odpor vůči vodním parám znatelně snižoval v důsledku zvýšené kondenzace ve vzorku. Tyto výsledky ukazují, že snížený odpor vůči vodním parám zvyšuje kondenzaci v oděvu a tak může způsobit další nepohodlí a ochlazení ve vysokých nadmořských výškách.

Parametrů ovlivňujících a týkajících se komfortu oděvů je mnohem víc než jen materiálové složení, zejména tvar vláken, konstrukce textilie, plošná hmotnost, finální úpravy atd. Finální úpravy textilií podstatně ovlivňují komfort (Umbach, 1988). Některé z těchto úprav pracují se změkčovadly nebo pryskyřicemi. Můžou být hydrofobní, tj. vodu odpuzující. Z fyziologického hlediska to je nevhodné, protože nejen voda, ale také pot je odpuzován hydrofobní textilií. Textilie nevede pot od pokožky nebo ho nedopraví do vnějšku textilie. Pot pak zůstává u kůže.

Pro provedení specifikace parametrů užitných vlastností ve vybraných kategoriích užívání byly východiskem platné normy ČSN, EN a výzkumné práce z oblasti hodnocení užitných vlastností plošných textilií [34] a výrobků z nich. Objektivní vyjádření a výpočet užitných vlastností textilií, jejich vzájemných relací v závislosti na struktuře a materiálových vlastnostech textilie je nezbytný pro celkové hodnocení oděvního komfortu. Existují určité znaky jakosti textilií, které jsou vyjádřené tzv. užitnými vlastnostmi. Některé tyto užitné vlastnosti mají pro oděvní výrobek jen malý význam, ale některé mají zcela zásadní význam pro hodnocení výrobku [35].

4 Studované materiály

Pro experimentální testování byl zvolen poměrně rozsáhlý soubor trik různého materiálového složení a plošné hmotnosti od českých, evropských a světových výrobců, kteří se zaměřují na tento segment trhu a dodávají své výrobky jak civilnímu sektoru, tak ozbrojeným složkám státu. V tomto souboru trik jsou zastoupené běžně dostupné výrobky, ale i vysoce specializované textilie určené pro speciální a náročné podmínky. Materiálové složení trik je různorodé od 100 % čistě přírodních vláken až po umělá vlákna a jejich směsi v různém poměrovém zastoupení.

Tab. 1 Označení, původ a vybrané materiálové parametry testovaného souboru trik.

Označení	Materiál	Výrobce/ Původ	Struktura	Tloušťka [mm]	Plošná hmotnost [g/m ²]
T-shirt 1	100% CO	KAJA s.r.o./ Czech Republic	zátažná jednolící hladká	0.69	170
T-shirt 2	100% WO (merino)	DEVOLD MSM/ Norway	zátažná oboulící	0.94	217
T-shirt 3	100% PP	SPOLSIN s.r.o./ Czech Republic	zátažná interloková	1.51	189
T-shirt 4	100% PL	ADIDAS/ Philippines	zátažná interloková	0.59	132
T-shirt 5	95% CO/ 5% EL	SPOLSIN s.r.o./ Czech Republic	zátažná jednolící krytá	0.77	226
T-shirt 6	100% CO	NA/ France	zátažná jednolící hladká	0.67	161
T-shirt 7	100% CO	NA/ Romania	zátažná jednolící hladká	0.91	220
T-shirt 8	50% CO/ 50% PL	NA/ USA	zátažná jednolící hladká	0.72	154
T-shirt 9	100% CO	NA/ Italy	zátažná jednolící hladká	0.69	152
T-shirt 10	50% CO/ 50% PL	NA/ Macedonia	zátažná jednolící hladká	0.67	157
T-shirt 11	100% CO	NA/ United Kingdom	zátažná jednolící hladká	0.83	216
T-shirt 12	100% PL	POLARTEC/ USA	zátažná interloková	0.92	179
T-shirt 13	100% PL	POLARTEC/ USA	zátažná jednolící krytá	0.57	124
T-shirt 14	100% CO	GILDAN/ Bangladesh	zátažná jednolící hladká	0.69	160
T-shirt 15	100% WO (merino)	DEVOLD (Breeze)/ Norway	zátažná jednolící hladká	0.68	150
T-shirt 16	100% CV	NA/ Czech Republic	zátažná interloková	0.68	210
T-shirt 17	96% WO (merino)/ 4% PADh	JITEX Comfort / Czech Republic	zátažná jednolící hladká	0.71	170
T-shirt 18	100% PP	JITEX Comfort / Czech Republic	zátažná oboulící	0.90	115
T-shirt 19	48% WO/ 25% Porexil Thermocool/ 25% Tencel/ 2% PADh	Clevertex VÚB/ Czech Republic	zátažná oboulící	1.15	240
T-shirt 20	100% Porexil Warm-light	Clevertex VÚB/ Czech Republic	zátažná jednolící hladká	0.88	178

T-shirt 21	50% Porexil Thermocool/ 50% Tencel	Clevertex VÚB/ Czech Republic	zátažná jednolícni hladká	0.79	167
T-shirt 22	35% Porexil Thermocool/ 35% Tencel/ 28% PL VR micro/ 2% PADh	Clevertex VÚB / Czech Republic	zátažná oboulícní	0.93	182
T-shirt 23	91% PL / 9% antistatické vlákno	MONITEX / Czech Republic	zátažná jednolícni hladká	1.52	210

Soubor trik viz Tab. 1 pro testování oděvního komfortu byl vybrán na základě požadavku pro dosažení nejlepšího možného fyziologického komfortu jak při běžné aktivitě - středně těžké práci, tak zejména při dlouhodobé mírné zátěži organismu při fitness tréninku. Testovaný soubor trik tak dobře pokrývá celý segment různých profesí (hasiči, údržba, policie, armáda, stewardi, atd.) a je také vhodný pro sportovní aktivity nespportovců. Je určen zejména do prostředí, ve kterém je předpoklad, že není možnost lehce vyměnit tuto vrstvu oblečení za jinou, jak je to běžné u vrcholového sportu.

5 Použité metody hodnocení

Předpokladem pro dosažení optimálního komfortu uživatele při nošení oděvu jsou dobré materiálové vlastnosti textilie naměřené na přístrojích. K ověření komfortních vlastností první vrstvy oděvu v podmínkách simulujících fyzickou aktivitu uživatele je možné využít laboratorní testování fyziologického komfortu. Základem je monitorování vývoje teploty a vlhkosti v mikrovrstvě oděvu za stejných podmínek a záznam subjektivních vjemů probanda.

Subjektivní hodnocení diskomfortu oděvu probandem je možné rozdělit do několika částí – podskupin. Testovaná osoba vnímá a rozlišuje různé vjemy a pocity, jako například chlad, teplo, vlhkost, sensorické vjemy jako pichlavost, dráždění oděvu a v další řadě hodnotí také celkové padnutí oděvu tj. střih. Dotazníkové šetření se primárně soustředilo na čtyři důležité hodnotící oblasti vnímání oděvního komfortu probandem (bodové hodnotící kritérium 1-10):

- A) subjektivní hodnocení tepelných pocitů,
- B) subjektivní hodnocení vlhkostních pocitů,
- C) subjektivní hodnocení sensorických pocitů,
- D) celkové subjektivní hodnocení oděvu probandem.

Proband v jednotlivých oblastech postupně ve třech krocích na začátku testu, v průběhu testu a na konci testu po skončení fyzické aktivity zaznamenal do dotazníku hodnotu dle přidělené škály.

Jednou z nejdůležitějších částí navržené metodiky hodnocení první vrstvy oděvů je komparativní hodnocení sensorického omaku pletenin. Objektívni hodnocení omaku je provedeno systémem japonských speciálních přístrojů KES dle Kawabaty. Měření jsou vlastnosti významné pro objektívni hodnocení omaku textilií a výsledné hodnocení je podle vhodně zvolené kategorie použití oděvu. Každé stanovení probíhá při standardním zatížení, které odpovídá malé deformaci, podobně jako při ohmatání textilie rukou. Primární omak – HV je vyjádřen užitečnými vlastnostmi KOSHI – TUHOST, NUMERI – HLADKOST, FUKURAMI – PLNOST a SOFUTOZA – HEBKOST, které jsou považovány za základní pro zvolený účel použití. Konečné celkové vyhodnocení omaku textilie se označuje jako totální omak THV- TOTAL HAND VALUE, která nabývá hodnot ve škále 1–5.

Na základě laboratorního testování fyziologického komfortu a monitorování vývoje teploty a vlhkosti v mikrovrstvě oděvu byla vypočtena tepelná zátěž organismu a stanovena úroveň rizika přehřátí organismu. Hodnocení je založeno na výpočtu indexu tepelné zátěže organismu WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) dle ČSN EN ISO 7243 (83 3561). Pro dosažení optimálního oděvního komfortu je důležitá schopnost materiálu trika, co nejdéle udržovat povrch pokožky bez vrstvy potu. Je požadována co nejdelší doba, po kterou je triko schopné odvádět a transportovat vlhkost, beze změny a výrazného nárůstu vlhkosti v mezivrstvě pokožka-oděv. Další důležitou vlastností materiálu je pot nejen odvádět, ale umožnit co nejrychleji jeho přestup z povrchu materiálu do okolí. Při tomto procesu je zároveň žádoucí co nejmenší nárůst teploty povrchu těla, při které by mohlo docházet nejprve k přehřátí organismu a po skončení zátěže a tvorby tepla v svalech k prudkému ochlazení těla a vzniku rizika podchlazení.

Pro celkový pohled na zkoumaný soubor trik je nezbytné jejich hodnocení pomocí přímo naměřených materiálových hodnot textilních materiálů, ze kterých jsou textilní vzorky trik vyrobená. Standardním postupem dle předepsaných norem byla změřena prodyšnost vzduchu, součinitel tepelné odolnosti R_{ct} a součinitel odolnosti vůči vodním parám R_{et} . Na základě

naměřených parametrů R_{ct} a R_{et} na „skin modelu“ SGHP 8.2 dle normy ČSN EN 31092 a ISO 11092, byl vypočten bezrozměrný index propustnosti vodních par I_{mt} , který představuje poměr tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám.

Pro komplexnější pohled na vybrané textilní vzorky a predikci chování první vrstvy oděvu při dlouhodobé fyzické aktivitě, byla provedena simulace prostupu tepla přes první vrstvu oděvu za rozdílných podmínek simulace okolí. Současně byla také komparativně hodnocena effusivita zkoušených vzorků za rozdílných vlhkostních podmínek simulace.

5.1 Návrh objektivní metody pro hodnocení oděvního komfortu

Pro celkové zhodnocení a pohled na „výkon“ (fyziologický komfort), který poskytuje testovaná textilie při dlouhodobé fyzické aktivitě uživatele oděvu, byl navržen index komfortu I_{com} . Hodnocení je založeno na třech objektivně měřených složkách ovlivňujících celkový pocit komfortu uživatele při jeho dlouhodobé fyzické námaze a to materiálové složky zastoupené indexem I_{mt} , tepelného indexu WBGT a indexu sensorického omaku THV.

Index oděvního komfortu je vypočten podle rovnice (1):

$$I_{com}[-] = k_1 \cdot I_{WBGT} + k_2 \cdot I_{mt} + k_3 \cdot I_{THV} \quad (1)$$

kde:

k_1 – konstanta významnosti,

k_2 – konstanta významnosti,

k_3 – konstanta významnosti,

I_{WBGT} – index průměrného celkového rizika přehřátí organismu,

I_{mt} – index propustnosti vodních par,

I_{THV} – index sensorického omaku textilie.

Všechny tři složky indexu jsou důležitou součástí celkového pohledu uživatele na textilii a umožňují nám kvalitativně hodnotit textilii přímo z termofyziologického rizika přehřátí a sensorického hlediska vzhledem k jejím předpokládaným budoucím uživatelům.

Z analýzy a výsledků experimentálních dat můžeme konstatovat následující:

Pro rychlé komparativní hodnocení oděvního komfortu trik, zejména pro oděvy určené pro rekreační sportovce (bez dalších speciálních požadavků kladených na oděv a s možností jejich snadné výměny za jinou) můžeme rovnici (1) nahradit zjednodušenou rovnicí (2).

$$I_{com}[-] = k_1 \cdot I_{mt} + k_2 \cdot I_{THV} \quad (2)$$

- Při stanovování váhy koeficientů významnosti k_1 a k_2 je možné a doporučené vycházet z hodnot uvedených v disertační práci ($k_1 = 0.83$; $k_2 = 0.98$). Podrobnosti viz disertační práce *Tab. 4 - Specifikace užitečných vlastností a koeficientu významnosti prádlovek*.

Naopak při speciálních požadavcích na oděv je vhodné tuto rovnici rozšířit o další hodnotící kritéria dle doporučení uvedených v disertační práci.

6 Přehled dosažených výsledků

V této kapitole je uveden souhrn dosažených výsledků z jednotlivých kapitol disertační práce rozdělených podle postupu experimentálních prací následovně:

Testování - simulace zátěže probanda.

- Subjektivní hodnocení pocitu komfortu probanda v průběhu simulované fyzické aktivity, realizované na základě dotazníkového průzkumu.
- Objektivní hodnocení vývoje mikroklimatu v systému pokožka - oděv za definované fyzické aktivity probanda.

Hodnocení vybraných termofyziologických a materiálových vlastností vzorků oděvů na přístrojích.

- Hodnocení tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám.
- Hodnocení senzorického omaku textilie.
- Hodnocení prostupu tepla přes první vrstvu oděvu.

Srovnání subjektivního a objektivního hodnocení oděvního komfortu.

Testování první vrstvy oděvu v laboratorních podmínkách

Subjektivní hodnocení oděvního komfortu probandem (0-120 bodů)

Na základě subjektivního hodnocení můžeme konstatovat následující. Jako nejlepší jsou hodnoceny následující vzorky:

- T-shirt 6 (96 b.), T-shirt 13 (94 b.), T-shirt 5 (94 b.), T-shirt 4 (92 b.), T-shirt 2 (89 b.)

Vzorky T-shirt 6, 5, jsou vyrobeny z bavlněných vláken, u kterých je možné předpokládat s koncem fyzické aktivity (tj. tvorby tepla) a s průběhem času, stupňování pocitu diskomfortu z důvodu zhoršujících se tepelných pocitů. Jako doporučeníhodné jsou proto označeny podtržené vzorky T-shirt 13 a T-shirt 4, které jsou vyrobeny ze syntetických vláken. Vzorek T-shirt 2 je vyroben z vlny-merino, která při navlhání uvolňuje značné množství sorpčního tepla. Po skončení tohoto procesu, ale můžeme očekávat zhoršení tepelných pocitů a celkového oděvního komfortu. Doporučení vlny-merino je tedy možné jenom podmíněně. Na tomto místě je nutné zmínit, že tato studie je založena na jednom probandovi a pro lepší (přesnější) srovnání oděvního komfortu, pro různé somatotypy lidí, by bylo potřebné rozšířit studii o další probandy.

Hodnocení objektivního měření při zátěžových testech (0-1 [-])

Na základě výsledků hodnocení rizika přehřátí organismu WBGT a vypočteného indexu I_{WBGT} můžeme konstatovat následující.

- Nejlepší hodnocení, nejvyšší index I_{WBGT} (nejnižší riziko přehřátí organismu) dosáhly vzorky - T-shirt 2 (0.5 [-]), T-shirt 10 (0.5 [-]).

- Dobré hodnocení dosáhly vzorky - T-shirt 1 (0.44 [-]), T-shirt 3 (0.44 [-]), T-shirt 13 (0.44 [-]).
- Nejnižší hodnocení (vyšší riziko přehřátí organismu) dosáhly vzorky - T-shirt 16 (0.19 [-]), T-shirt 19 (0.19 [-]), T-shirt 22 (0.19 [-]).

Jako nejlepší jsou hodnoceny vzorky vyrobené ze 100 % WO a z 50 % CO/ 50 % PL vláken. Vzorek T-shirt 10 a zejména vzorek T-shirt 2 jsou také dobře hodnocené z pohledu subjektivního hodnocení tepelných pocitů probandem v zátěžovém testu. Jako doporučeníhodné (pro použití v podmínkách vysoké zátěže, bez možnosti snadné výměny první vrstvy oděvu) se jeví vzhledem i k subjektivnímu hodnocení tepelného pocitu probanda vzorky T-shirt 3 a T-shirt 13. Vzorek T-shirt 1 lze doporučit jenom s podmínkou, že po skončení fyzické zátěže organismu (produkce tepla) bude tato vrstva vyměněna za jinou první vrstvu.

Naopak nelze doporučit vzorek T-shirt 16 vyrobený ze 100 % CV vláken, který dosáhl také špatného hodnocení v subjektivním hodnocení tepelného vjemu probandem. Vzorky T-shirt 19 a T-shirt 22 jsou vzhledem k poměrně vysoké plošné gramáži a tloušťce vhodnější spíše do chladnějšího prostředí.

Hodnocení materiálových a termofyziologických vlastností první vrstvy oděvu

Materiálové hodnocení podle indexu I_{mt} (0-1 [-])

Na základě vypočteného indexu I_{mt} se jako nejvhodnější z testovaného souboru první vrstvy oděvu jeví následující vzorky trik:

- Nejlepší hodnocení - T-shirt 17 (0.92 [-]), T-shirt 2 (0.86 [-]), T-shirt 18 (0.65 [-]), T-shirt 15 (0.61 [-]), T-shirt 12 (0.57 [-]).
- Nejnižší hodnocení dosáhly vzorky - T-shirt 7 (0.27 [-]), T-shirt 9 (0.31 [-]), T-shirt 11 (0.32 [-]).

Výborné hodnocení dle indexu I_{mt} dosáhly vzorky vyrobené z vlny-merino T-shirt 17, 2, 18, dobré hodnocení dosáhly vzorky T-shirt 15 (PP) a T-shirt 12 (PL). Nejhorší hodnocení dosáhly vzorky vyrobené z bavlněných vláken T-shirt 7, 9, 11.

Hodnocení senzoričského omaku textilie (THV (1-5), I_{THV} 0-1 [-])

Celkový senzoričský omak (THV-KES) všech vzorků pletenin je uveden v disertační práci viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.. V Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** je uveden normalizovaný index I_{THV} . Z výsledků hodnocení můžeme konstatovat následující:

Všechny testované vzorky dosáhly průměrné, nadprůměrně dobré až excelentní hodnocení a jsou vhodné pro daný účel použití. Na základě tohoto hodnocení lze předpokládat výborný komfort uživatele z hlediska omaku výrobků. Jako nejlepší jsou hodnoceny následující vzorky:

- T-shirt 19 (5.86, 1 [-]), T-shirt 4 (5.28, 1 [-]), T-shirt 15 (5.21, 1 [-]), T-shirt 17 (5.20, 1 [-]), T-shirt 6 (5.17, 1 [-]).

Nejlepší hodnocení dosáhl vzorek T-shirt 19, který je směsí různých materiálů s dominantní složkou WO (merino), vzorek č. 4 (PL) a vzorek č. 6 (CO) dosáhly také výborné hodnocení a byly také dobře subjektivně hodnoceny v rámci subjektivního hodnocení probandem. Vzorky č. 15, 17 (WO) dosáhly výborné hodnocení THV. Vzorky trik vyrobených z vlny-merino dosahují nadprůměrné hodnocení také v subjektivním hodnocení oděvního komfortu probandem. Celkově můžeme pak konstatovat, že hodnocení objektivního omaku textilií potvrdily výsledky ze subjektivního hodnocení probandem.

Hodnocení výsledků podle indexu komfortu I_{com} (0-100 %)

Na základě vypočteného celkového indexu komfortu a výsledků uvedených v **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** disertační práce můžeme konstatovat následující.

- Nejvyšší procentuální hodnocení dle I_{com} dosáhly vzorky T-shirt 2 (73.28 %), T-shirt 17 (72.07 %).
- Nejhorší hodnocení pod 50 % dosáhly vzorky: T-shirt 16 (45.72 %), T-shirt 7 (47.47 %), T-shirt 11 (47.57 %), T-shirt 13 (48.21 %).
- Další vzorky v testu dosáhly průměrné až nadprůměrné hodnocení.

Jako nejvhodnější první vrstvu oděvu, dle výpočtu indexu komfortu oděvu založeného na objektivním hodnocení materiálových vlastnosti textilií můžeme doporučit textilie vyrobené z vlny-merino, naopak nelze doporučit trika vyrobená ze 100 % viskózy a bavlny. Jako dobrou alternativu zejména z hlediska jednoduché údržby a také ekonomického hlediska lze doporučit trika vyrobená z polyesterových vláken.

Simulace přestupu tepla přes první vrstvu oděvu

Požadavky kladené na součinitel přestupu tepla U a odpor prostupu tepla R se mění v závislosti na podmínkách okolí a fyzickém stavu uživatele. Tepelná vodivost vzorků byla měřena na přístroji C-Therm TCi ve dvou stavech běžně se vyskytujících na povrchu těla, za suchého stavu při 31 °C/ 40 % RH a vlhkého stavu 31 °C/ 90 % RH. Největší narůst tepelné vodivosti se změnou vlhkosti RH byl zaznamenán u přírodních materiálů, jen malá změna byla zaznamenána u vzorků ze syntetických vláken. Pro simulaci byly zvoleny podmínky simulující horké a chladné prostředí. Pro zjednodušení simulace byla uvažována stejná tepelná vodivost suchého a vlhkého vzduchu. V této simulaci nebyla uvažována konvekce vzduchu a přítomnost zkondenzované vody v textilním vzorku. Navržená simulace tak představuje stav přenosu tepla mezi pokožkou člověka a okolním prostředím kondukcí bez konvekce, která může výrazně ovlivnit tento přenos. Z analýzy simulace je zřejmé, že je nutné zvážit kromě součinitele tepelné vodivosti a předpokládané celkové tloušťky oděvního systému také effusivitu vzorků, zejména za vlhkého stavu oděvu.

Výsledné doporučení ze zkoumaného souboru vzorků pro použití jako první vrstvy oděvu: T-shirt 3, T-shirt 12.

Celkové hodnocení komfortu podle jednotlivých hodnotících metod

Na základě výsledků z jednotlivých hodnotících metod byla sestavena tabulka doporučených vzorků trik podle dosaženého pořadí v dané hodnotící metodě viz Tab. 2.

Tab. 2 Souhrnná tabulka doporučených vzorků trik rozdělených podle jednotlivých hodnotících metod (uvedeno je prvních pět v pořadí od nejlepšího po nejhorší).

Pozice v testu		Doporučené vzorky trik				
		1	2	3	4	5
Subjektivní hodnocení						
1	Celkové subjektivní hodnocení komfortu probandem	T-shirt 6	T-shirt 13	T-shirt 5	T-shirt 4	T-shirt 2
Objektivní metody hodnocení						
2	Hodnocení sensorického omaku THV	T-shirt 19	T-shirt 4	T-shirt 15	T-shirt 17	T-shirt 6
3	Hodnocení rizika přehřátí organismu podle WBGT	T-shirt 2	T-shirt 10	T-shirt 1	T-shirt 3	T-shirt 13
4	Materiálové hodnocení podle indexu I_{mt}	T-shirt 17	T-shirt 2	T-shirt 18	T-shirt 15	T-shirt 12
5	Hodnocení podle indexu komfortu I_{com}	T-shirt 2	T-shirt 17	T-shirt 10	T-shirt 12	T-shirt 3
6	Hodnocení dle simulace přestupu tepla (pozn. hodn. 4 vybrané vzorky)	T-shirt 3	T-shirt 12	T-shirt 2	T-shirt 1	

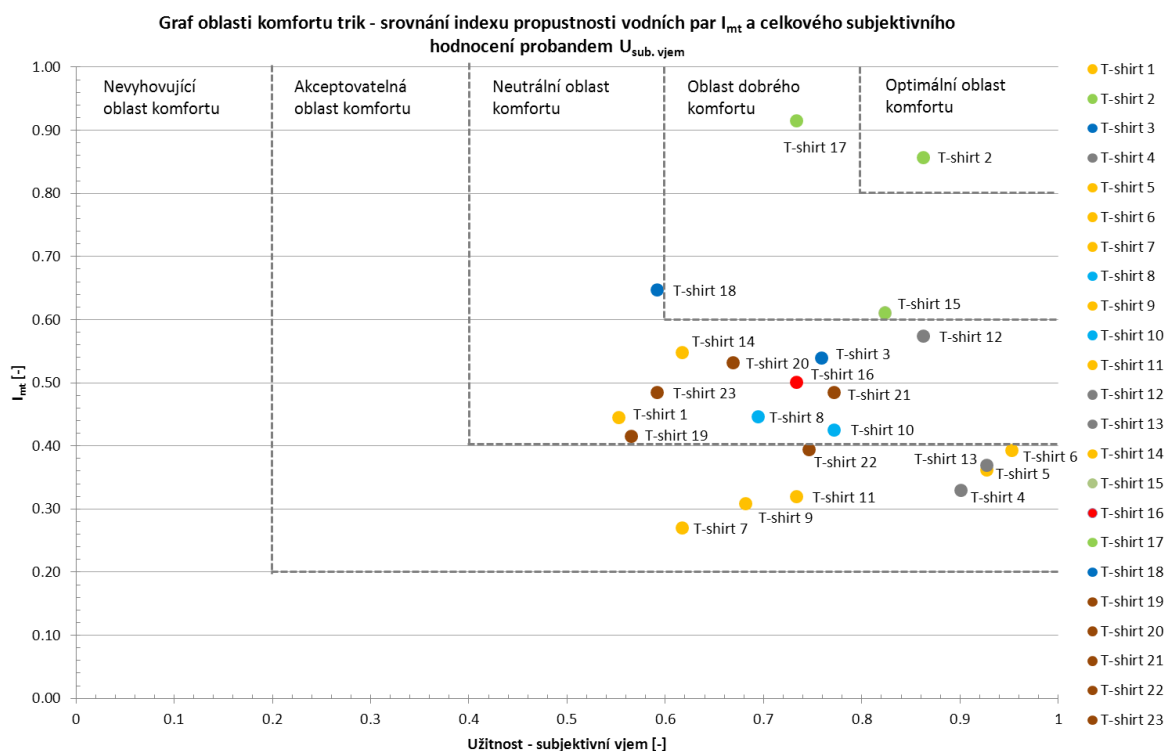
Uvedené pořadí trik v Tab. 2 může být mírně zavádějící vzhledem k tomu, že nezachycuje vzájemné rozdíly v hodnocení mezi jednotlivými vzorky trik a proto je nutné vždy posuzovat komfort v souvislostech dané metodiky hodnocení. Dobrým příkladem malých rozdílů v hodnocení je například objektivní hodnocení omaku textilií THV. Všechny zkoušené vzorky v něm obstáli nadprůměrně a dosáhly vysoké ohodnocení na škále THV-KES, a tudíž z hlediska sensorického omaku představují vhodnou volbu. Z výsledků uvedených v Tab. 2 je zřejmé, že v jednotlivých hodnotících kritériích se nejlépe umístila a jsou nejlépe hodnocena trika T-shirt 2, T-shirt 17.

6.1 Srovnání subjektivního a objektivního hodnocení oděvního komfortu

Pro umožnění vzájemného srovnání subjektivního hodnocení oděvního komfortu probandem a vybraných objektivně měřených fyziologických vlastností oděvu, bylo nezbytné transformovat celkové subjektivní bodové hodnocení probandem na bezrozměrnou veličinu- užitnost. Podrobnosti k postupu transformace na normovanou užitnou vlastnost je uvedený v kap. 3.4.1 disertační práce.

Výsledná užitnost - subjektivní vjem (celkový subjektivní vjem oděvního komfortu probandem) je spolu s vypočteným indexem komfortu a indexem propustnosti vodních par uvedena v následujících grafech viz Obr. 6.1 a Obr. 6.2. Oblasti komfortu vyznačené čárkovanou čarou v grafu a jejich intervaly (hranice) jednotlivých oblastí jsou rozděleny následovně.

- 1) Nevyhovující oblast komfortu <0-0.2>.
- 2) Akceptovatelná oblast komfortu <0.2-0.4>.
- 3) Neutrální oblast komfortu <0.4-0.6>.
- 4) Oblast dobrého komfortu <0.6-0.8>.
- 5) Optimální oblast komfortu <0.8-1>.



Obr. 6.1 Srovnání indexu propustnosti par a subjektivního hodnocení komfortu probandem s vyznačenými oblastmi oděvního komfortu.

Index I_{mt} v sobě zahrnuje dva významné parametry z pohledu termofyziologického komfortu oděvu (R_{et} , R_{ct}). Z výsledků srovnání těchto dvou užitečných vlastností (objektivní a subjektivní) můžeme konstatovat následující:

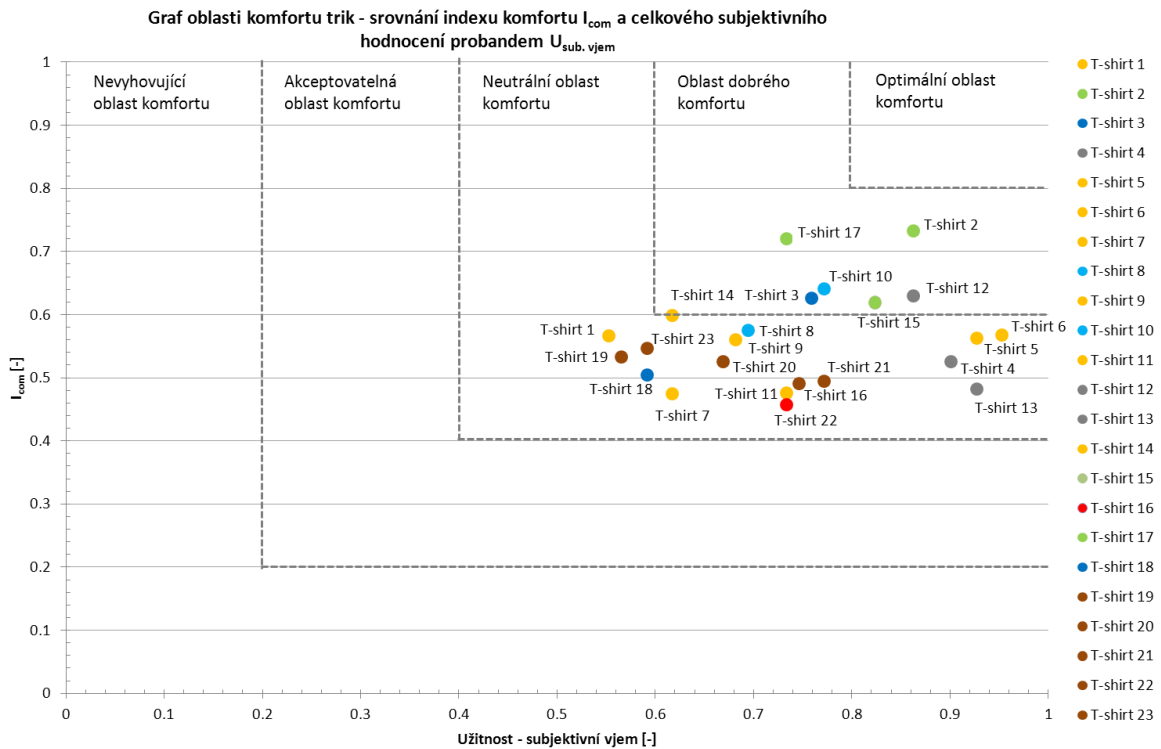
- V oblasti optimálního komfortu se nachází vzorek T-shirt 2 (vlna-merino).
- V oblasti dobrého komfortu – T-shirt 17, v blízkosti hranice oblastí – T-shirt 15 a T-shirt 18.
- V neutrální oblasti se nachází většina ze zkoumaných vzorků trik.
- V oblasti akceptovatelného komfortu se nachází převážně vzorky vyrobené z bavlněných vláken.

Shrnující doporučení pro první vrstvu oděvu

Jako nejlepší jsou v tomto porovnání hodnocené vzorky vyrobené z vlny merino (T-shirt 2, T-shirt 17, T-shirt 15). Rovněž vhodné pro doporučení jsou vzorky T-shirt 18 (PP) a T-shirt 12 (PL). Naopak pro středně těžkou kontinuální aktivitu uživatele nelze doporučit vzorky z bavlněných vláken.

Na následujícím grafu viz Obr. 6.2 je vzájemné srovnání užitečnosti - indexu komfortu I_{com} a celkového subjektivního hodnocení probandem $U_{sub.vjem}$. Index komfortu I_{com} v sobě zahrnuje kromě indexu I_{mt} , také další dvě důležité složky objektivního hodnocení komfortu (senzorický omak - I_{THV} a index rizika přehřátí organismu - I_{WBGt}). Představuje tak komplexnější hodnocení oděvního komfortu oděvu. Použití rovnocenných koeficientů významnosti (váhy)

při výpočtu I_{com} způsobuje rovnoměrnější rozložení vzorků v grafu, tj. změna jednotlivých preferencí složek tak může více, či méně ovlivnit výsledné srovnání.



Obr. 6.2 Srovnání indexu komfortu a subjektivního hodnocení komfortu probandem s vyznačenými oblastmi oděvního komfortu.

Index komfortu I_{com} je komplexním hodnocením oděvního komfortu oděvu. Z výsledků srovnání těchto dvou užítostí (objektivní I_{com} a subjektivní $U_{sub.vjem}$) můžeme konstatovat následující:

- V oblasti dobrého komfortu se nachází vzorky: T-shirt 2, T-shirt 17, T-shirt 10, T-shirt 3, T-shirt 12, T-shirt 15.
- V neutrální oblasti se nachází zbytek vzorků ze zkoumaného souboru trik.

Shrnující doporučení pro první vrstvu oděvu

Jako nejlepší jsou v tomto porovnání hodnocené vzorky vyrobené z vlny-merino T-shirt 2, T-shirt 17, T-shirt 15 dále T-shirt 3 (PP), T-shirt 12 (PL) a T-shirt 10 (CO/PL). Všechny tyto vzorky splňují předpoklady pro dosažení dobrého komfortu a jsou tak vhodnou první vrstvou oděvu za daných podmínek.

7 Zhodnocení výsledků a nových poznatků

Na tomto místě je nutné zdůraznit, že zde prezentované výsledky práce byly zjišťovány a měřeny za účelem hodnocení oděvního komfortu uživatele při dlouhodobé středně těžké práci. Za jiných podmínek např. méně náročné fyzické aktivity, trvající kratší dobu, nebo přerušovaně a za jiných podmínek okolí se výsledky a výsledné doporučení mohou lišit. Při méně náročných podmínkách (krátkodobé, přerušované a mírnější fyzické zátěži) tak mohou splňovat podmínky dobrého oděvního komfortu i další vzorky trik ze zkoumaného souboru. Výsledné hodnocení je uvedeno v Tab 3.

Tab. 3 Výsledné hodnocení dle užitečnosti I_{com} a $U_{sub. vjem}$

Vzorek	Užitečnost I_{com} [-]	Užitečnost - subjektivní vjem $U_{sub. vjem}$ [-]
T-shirt 2	0.73	0.86
T-shirt 17	0.72	0.73
T-shirt 10	0.64	0.77
T-shirt 12	0.63	0.86

Výsledné hodnocení je možné rozdělit následovně:

Hodnocení podle indexu komfortu I_{com}

Na základě vícekritériálního hodnocení užitečných vlastností textilií podle navrženého indexu komfortu oděvu I_{com} byla jako nejvhodnější pro první transportní vrstvu oděvu vyhodnocena následující trika:

- 1) Triko Devold – 100 % WO (merino) (T-shirt 2)
- 2) Triko Jitex Comfort – 96 % WO (merino)/ 4 % PADh (T-shirt 17)
- 3) Triko Macedonia – 50 % CO/ 50 % PL (T-shirt 10)
- 4) Triko Polartec® Power Dry® FR – 100 % PL (T-shirt 12)

Hodnocení podle srovnání subjektivního a objektivního hodnocení komfortu oděvu

Z výsledků srovnání dvou užitečných vlastností (objektivní I_{com} a subjektivní $U_{sub. vjem}$) můžeme doporučit jako nejvhodnější pro první vrstvu oděvu následující trika, která se nachází v oblasti dobrého komfortu:

- 1) Triko Devold – 100 % WO (merino) (T-shirt 2)
- 2) Triko Jitex Comfort – 96 % WO (merino)/ 4 % PADh (T-shirt 17)
- 3) Triko Macedonia – 50 % CO/ 50 % PL (T-shirt 10)
- 4) Triko Polartec® Power Dry® FR – 100 % PL (T-shirt 12)

Z analýzy dat a výsledků experimentů můžeme na základě porovnání objektivních a subjektivních vlastností a užitečností konstatovat, že subjektivní hodnocení probandem potvrdilo objektivně naměřené údaje a výsledky. Pro hodnocení oděvního komfortu, bez speciálních požadavků a nároků na oděvní komfort, tak plně postačuje hodnocení pomocí navrženého indexu komfortu. Pro oděvy určené do obzvláště náročných podmínek použití, zejména z hlediska oděvního komfortu (ochranné oděvy, záchranné složky, vojsko, extrémní podmínky, atd.) je možné na základě navržené metodiky srovnání užitečných vlastností doporučit provedení subjektivního hodnocení oděvního komfortu na probandech.

Z vyhodnocení naměřených materiálových parametrů, objektivních vyhodnocení dle rizika přehřátí organismu, senzorického omaku a subjektivního hodnocení probandem je zřejmé, že jako nejvhodnější trika pro rekreační fitness sportovce a pro povolání, která neumožňují rychlou výměnu oděvu za jinou, a případně jako první transportní vrstvu oděvu, jsou nejvhodnější ze zkoumaného souboru trika vyrobená z Wo (merino). Podle podmínek za kterých se bude oděv používat je možné podmíněčně doporučit také trika vyrobená z PP vláken. Z ekonomického pohledu a také z pohledu jednoduchosti údržby lze doporučit také trika vyrobená z PL vláken.

Z předchozího vyplývá:

- Z analýzy dat a výsledků experimentů můžeme na základě porovnání objektivních a subjektivních vlastností konstatovat, že subjektivní hodnocení probandem potvrdilo objektivně naměřené údaje a výsledky.
- Nejvhodnější trika pro rekreační fitness sportovce a pro povolání, která neumožňují rychlou výměnu oděvu za jinou, a případně jako první transportní vrstvu oděvu, jsou nejvhodnější ze zkoumaného souboru trika vyrobená z vlny-merino.
- Pro hodnocení oděvního komfortu, bez speciálních požadavků a nároků na oděvní komfort, plně postačuje hodnocení pomocí navrženého indexu komfortu.
- Pro oděvy určené pro použití do obzvláště náročných podmínek, zejména z hlediska oděvního komfortu (ochranné oděvy, hasiče, záchranné složky, vojsko, extrémní podmínky, atd.) je možné na základě navržené metodiky srovnání užitečných vlastností doporučit provedení subjektivního hodnocení oděvního komfortu na probandech.

8 Závěr

Cílem této disertační práce bylo formulovat základní požadavky, které jsou kladené na komfort první vrstvy oděvu při kontinuální středně těžké fyzické aktivitě uživatele. Dále byl testován fyziologický komfort vybraného souboru trik a byla navržena nová hodnotící metodika.

I když vytvořený celkový hodnotící model podle indexu komfortu se může zdát složitý, byl sestaven na základě nových a ověřených metodik a zahrnuje hodnocení oděvů pomocí měření vybraných materiálových veličin, objektivního hodnocení sensorického omaku a hodnocení rizika přehřátí organismu podle tepelného indexu WBGT. Součástí práce je také návrh a ukázka metodiky pro subjektivní hodnocení oděvního komfortu na probandech.

Existuje a v praxi se používá několik dalších metod pro měření a vyhodnocování oděvního komfortu, jako např. měření propustnosti vodních par textiliemi, skin model, moisture management tester, apod. Žádná z těchto metod, ale neposkytuje celkový pohled na zkoušenou textili z hlediska jejího budoucího použití v oděvu, což je možné dosáhnout jenom při reálném testování na probandech.

Do celkového hodnocení oděvního komfortu vstupuje řada dalších faktorů, které zásadně ovlivňují komfort pociťovaný uživatelem oděvu. Proto je nesmírně důležité respektovat všechny aspekty ovlivňující celkový termofyziologický komfort již při samotném návrhu oděvu.

Experimentální práce se v první etapě soustředily zejména na testování v laboratorním prostředí v klimatizované místnosti z důvodu možnosti řízení a dodržení standardních podmínek v průběhu celého experimentálního měření. Proband vyvíjel fyzickou aktivitu za použití rotopedu. Testování za takto nastavených podmínek umožňuje eliminaci vlivů, jako například proudění vzduchu, který za běžných okolností ovlivňuje pociťovaný fyziologický komfort probandem.

Při takto navržené metodice se při testování projeví zejména schopnost materiálu účinně odvádět pot z povrchu těla a schopnost ho rozprostřít na povrchu textilie. Takto naměřené údaje jsou pak použité pro hodnocení rizika přehřátí organismu podle tepelného indexu WBGT. V průběhu testu proband také zaznamenával subjektivní pocity diskomfortu dle navržené metodiky.

V druhé etapě se experiment soustředil na materiálové hodnocení zkoumaného souboru trik. Pro toto hodnocení se jako nejvhodnější jeví použití indexu propustnosti vodních par, který zahrnuje obě důležité složky a to součinitel odolnosti vůči vodním parám R_{et} a součinitel tepelné odolnosti R_{ct} . V rámci materiálového hodnocení je objektivně hodnocen také sensorický omak.

V celkovém hodnocení oděvního komfortu vyjádřeném navrženým indexem komfortu je zahrnuto hodnocení zkoumaného souboru trik pomocí stanovení tepelné zátěže podle ukazatele WBGT, objektivního hodnocení omaku textilie podle indexu THV a indexu propustnosti vodních par I_{mt} . Výsledný index je složen ze třech nejdůležitějších oblastí pro

hodnocení oděvního komfortu a vyjadřuje tak míru vhodnosti oděvu pro dané podmínky použití.

Výsledky disertační práce jsou ve shodě s navrženými cíli a výsledky subjektivního hodnocení oděvního komfortu probandem potvrdily výsledky z vícekriteriálního objektivního hodnocení materiálových vlastností zkoušeného souboru trik. Při určení optimální první vrstvy oděvu se vycházelo z objektivních měření a ze subjektivního hodnocení probandem.

Pro hodnocení oděvního komfortu bez speciálních požadavků a nároků na oděvní komfort, tak plně postačuje hodnocení pomocí navrženého indexu komfortu. Pro oděvy určené pro použití do obzvlášť náročných podmínek, zejména z hlediska oděvního komfortu (ochranné oděvy, extrémní podmínky, záchranní složky, vojsko, atd.) je možné, na základě navržené metodiky srovnání užitečných vlastností, doporučit provedení subjektivního hodnocení oděvního komfortu na probandech.

8.1 Doporučení na pokračování práce

V návaznosti na tuto disertační práci, by bylo vhodné výzkum v této oblasti směřovat na monitorování fyziologických vlastností v reálných podmínkách (tepová frekvence, vlhkost, teplota, atd.) zejména u speciálních oděvů, určených pro organizační a ozbrojené složky státu. Tento výzkumní záměr by mohl být prospěšný také pro lepší ochranu zdraví člověka a pro dosažení lepší výkonnosti a výdrže uživatele při vykonávání náročných úkolů za zvýšené fyzické aktivity, či v extrémních okolních podmínkách. Zlepšení pocíťovaného oděvního komfortu také zlepší mentální výkon uživatele. Nepřetržité on-line, nebo off-line monitorování při diskontinuální nárazové práci v reálných podmínkách, umožní také lepší srovnání subjektivního a objektivního hodnocení oděvního komfortu. Hodnocení užitečných vlastností pro uzavřené systémy oděvu (skafandry – ochranné obleky pro nehostinné prostředí) představuje důležitý cíl v rámci dalšího aplikačního výzkumu v oblasti hodnocení a zlepšování oděvního komfortu.

Další rozšíření materiálového hodnocení o nové způsoby testování textilií, například MMT test, test vzlínivosti textilií, termovizní snímání, atd. umožní lepší návrh sendvičové struktury oděvů. Rozšíření skupiny probandů o různé somatotypy a také o testování na lidech s poruchovou termoregulací umožní zlepšení kvality života a najde uplatnění také v další významné oblasti (medicínské), která spolu se stárnoucí populací v Evropě představuje další perspektivní aplikační oblast pro tento výzkum.

8.2 Původní výsledky a jejich uplatnění

V článku [42] je rozpracovaná problematika transportních vlastností tepla přes textilní vrstvy v průběhu fyzické aktivity a dále je rozebrán vliv kondenzace vodních par v mezivrstvách oděvu a její vliv na funkční vlastnosti systému oděvu.

V článku [43] je prezentována zejména problematika testování oděvního komfortu funkčních oděvů a subjektivního hodnocení fyziologického komfortu na probandech.

V článku [44] je rozpracovaná problematika objektivního hodnocení oděvního komfortu dle standardního tepelného indexu WBGT a hodnocení rizika přehřátí organismu v průběhu kontinuální středně náročné fyzické zátěže probanda.

Možnosti vícekriteriálního hodnocení fyziologických vlastností první vrstvy oděvů pro sportovní účely jsou prezentovány v článku [45].

Na mezinárodních konferencích [46,47,48] byla prezentována studovaná problematika oděvního komfortu první vrstvy oděvů a prezentované výsledky aplikačního výzkumu. Prezentace výsledků proběhla rovněž v rámci pravidelných seminářů organizovaných na CXI TUL (2013).

9 Seznam použité literatury

- [1] D. Apurba a R. Alagirusamy. *Science in clothing comfort*. 1st pub. New Delhi: Woodhead Publishing India, 2010, 175 s. ISBN 978-81-908-0015-0.
- [2] Fukazawa, T., Y. Satsumoto, M. Takeuchi, and K. Ishikawa, *Effect of Air Permeability and Water Vapor Permeability Upon Simultaneous Heat and Mass Transfer in Simulated Clothing Systems*. Sen-i Gakkaishi, 1998. 54 (9): p. 443–451.
- [3] *Transport Properties of Semi-Permeable-Barrier Textile for Modern Sports Apparel*. Hong Kong: Institute of Textiles and Clothing, The Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Kowloon, Hong Kong, 2008. 86th Textile Institute World Conference Proceedings. ISBN 978-962-367-628-1.
- [4] Ruckman, J. E., *Water Vapour Transfer in Waterproof Breathable Fabrics: Part 1: Under Steady-state Conditions*. International Journal of Clothing Science and Technology, 1997.9 (1): p. 10–22.
- [5] Gretton, J. C., D. B. Brook, H. M. Dyson, and S. C. Harlock, *Moisture Vapor Transport Through Waterproof Breathable Fabrics and Clothing Systems Under a Temperature Gradient*. Textile Research Journal. 1998. 68 (12): p. 936–941.
- [6] Hes, Luboš a Petr Sluka. *Úvod do komfortu textilií*. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005, 109 s. ISBN 80-708-3926-0.
- [7] Trojak, Stanislav a kolektiv. *Lékařská fyziologie*. 4. Praha: Grada Publishing, a.s., 2003. str. 772. ISBN 80-247-0512-5.
- [8] Silbernagl, Stefan a Despopoulos, Agamemnon. *Atlas fyziologie člověka*. 6. Praha: Grada Publishing, a.s., 2004. str. 448. ISBN 80-247-0630-X.
- [9] Merkunová, Alena a Orel, Miroslav. *Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory*. 1. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008. str. 304. ISBN 978-80-247-1521-6.
- [10] Delljova, Roza Andrejevna, Rallema Fjodorovna Afanasjevová a Zora Stěpanovna Čubarovová. *Hygiena odívání*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1984, 144 s. 04-844-84.
- [11] Nešpor, K. a Švábová, K.: *Vybrané kapitoly pracovního lékařství*. Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví Praha, 2002.
- [12] Havenith, George a Caroline J. Smith. *Body Mapping of Sweating Patterns in Athletes: A Sex Comparison*. Medicine and science in sports and exercise, 2012, roč. 44, č. 12, s. 2350-2361. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318267b0c4. Dostupné z: <http://www.medscape.com/viewarticle/775404>
- [13] Online zdroj: Metodický materiál ke vztahu pohybu a zdraví, Technická univerzita v Liberci, Katedra tělesné výchovy, Dostupné z www: <https://www.ktv.tul.cz/ke-stazeni/category/25-opvk?download=155:pohyb-a-zdrav>, (26.5.2014).
- [14] Pokorný, Jaroslav. *Přehled fyziologie člověka*. 3., přeprac. vyd. Praha: Karolinum, 2002, 255 s. ISBN 80-246-0229-6.

- [15] Ruckman, J. E., Water Vapour Transfer in Waterproof Breathable Fabrics: Part 1: Under Steady-state Conditions. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 1997. 9 (1): p. 10–22.
- [16] Fukazawa, T., Y. Satsumoto, M. Takeuchi, and K. Ishikawa, *Effect of Air Permeability and Water Vapor Permeability Upon Simultaneous Heat and Mass Transfer in Simulated Clothing Systems*. Sen-i Gakkaishi, 1998. 54 (9): p. 443–451.
- [17] Wang, Z., Y. Li, Y. L. Kwok, and C. Y. Yeung, *Influence of Waterproof Fabrics on Coupled Heat and Moisture Transfer in a Clothing System*. Sen-i Gakkaishi, 2003. 59 (5): p. 187–197.
- [18] Li, Y., Q. Y. Zhu, and K. W. Yeung, Influence of Thickness and Porosity on Coupled Heat and Liquid Moisture Transfer in Porous Textiles. *Textile Research Journal*, 2002. 72 (5): p. 435–446.
- [19] Kim, J. O., Dynamic Moisture Vapor Transfer Through Textiles Part III: Effect of Film Characteristics on Microclimate Moisture and Temperature Changes. *Textile Research Journal*, 1999. 69 (3): p. 193–202.
- [20] Fukazawa, T., H. Kawamura, and T. Tamura, Water Vapour Transfer Through Microporous Membranes and Polyester Textiles at Combinations of Temperature and Pressure that Simulate Elevated Altitudes. *Journal of the Textile Institute*, 2000. 91 (3): p. 434–447.
- [21] Fukazawa, T., H. Kawamura, Y. Tochiara, and T. Tamura, Experiment and Analysis of Combined Heat and Water Vapor Transfer Through Clothes With Condensation. *Textile Research Journal*, 2003. 73 (9): p. 774–780.
- [22] Ren, Y. J. and J. E. Ruckman, Water Vapour Transfer in Wet Waterproof Breathable Fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, 2003. 32 (3): p. 165–175.
- [23] Rossi, R. M., R. Gross, and H. May, Water Vapor Transfer and Condensation Effects in Multilayer Textile Combinations. *Textile Research Journal*, 2004. 74 (1): p. 1–6.
- [24] Finn, J. T., A. J. G. Sagar, and S. K. Mukhopadhyay, Effects of Imposing a Temperature Gradient on Moisture Vapor Transfer Through Water Resistant Breathable Fabrics. *Textile Research Journal*, 2000. 70 (5): p. 460–466.
- [25] Umbach, K. H., Water Vapor Transport Through Protective Textiles at Low Temperatures, *Textile Research Journal*. 72(10), 899-905 (2002).
- [26] Fukazawa, T., H. Kawamura, Y. Tochiara, and T. Tamura, Water Vapor Transport Through Textiles and Condensation in Clothes at High Altitudes – Combined Influence of Temperature and Pressure Simulating Altitude. *Textile Research Journal*, 2003. 73 (8): p. 657–663.
- [27] Jena, A. and K. Gupta, *Characterization of Water Vapour Permeable Membranes. Desalination*, 2002. 149: p. 471–476.
- [28] Glombíková Viera: *Fyziologické vlastnosti textilií* [Elektronická skripta]. Liberec 2006 Dostupné z: <http://www.ft.tul.cz/databaze/skripta/> (1.5.2014).

- [29] Šubert R., *Hodnocení tepelně-izolačních vlastností textilií při vyšších rychlostech vzduchu*, Liberec 2006, 149 s., Disertační práce, Fakulta textilní, Technická univerzita v Liberci
- [30] Militký, J.: *Textilní vlákna*, Katedra textilních materiálů, FT TUL 2002, ISBN 80-7083-644-X
- [31] Karjalainen, S. (2012), *Thermal comfort and gender: a literature review*. *Indoor Air*, 22: 96–109. doi: 10.1111/j.1600-0668.2011.00747.x
- [32] ISO 11092 *Zjišťování fyziologických vlastností. Měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek*
- [33] Bramel, S. Key trends in sportswear design. *Textiles in Sport*, Edited by: R. Shishoo. Woodhead Publishing (August 29, 2005), CRC Press. 352p. ISBN 0-8493-3486-1
- [34] Švehla a Kašparová. *Užitná hodnota plošných textilií*. SVÚT Liberec, 1976
- [35] Křemenáková, D., Militký, J., Šesták, J. *Vlákněné struktury pro speciální aplikace.*, O.P.S., ISBN 978-80-87269-32-9.
- [36] Epstein Y. a Moran D. S.: *Thermal Comfort and the Heat Stress Indices*, *Industrial Health*, 44, s. 388-398 (2006).
- [37] d'Ambrosio Alfano F. R. a kol.: *Thermal Environment Assessment Reliability Using Temperature – Humidity Indices*, *Industrial Health*, 49, s. 95-106 (2011).
- [38] Stull R.: Wet-Bulb Temperature from Relative Humidity and Air Temperature, *Journal of Applied Meteorology & Climatology*, November, 2011, 2267-2269.
- [39] Havelka, A., Adámek, K., Nagy, L., Kůs, Z. Transport properties of barrier textiles for sports and functional applications. Edited by: G. Bartkowiak & M. Pawlowa I. Frydrych. *Protective and Smart Textiles, Comfort and Well-Being*. Monograph, Lodz: Lodz University of Technology, 2015, p. 145-158. ISBN 978-83-7283-665-6.
- [40] P. T. Tsilingiris, Thermophysical and transport properties of humid air at temperature range between 0 and 100 °C, *Energy Conversion and Management*, Volume 49, Issue 5, May 2008, Pages 1098-1110, ISSN 0196-8904. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2007.09.015>. (1.3.2015).
- [41] Chyský, J.: *Vlhký vzduch*, ČVUT Praha 1977. ISSN 04-239-77.
- [42] Havelka, A., Adámek, K., Nagy, L., Kůs, Z. Transport properties of barrier textiles for sports and functional applications. Edited by: G. Bartkowiak & M. Pawlowa I. Frydrych. *Protective and Smart Textiles, Comfort and Well-Being*. Monograph, Lodz: Lodz University of Technology, 2015, p. 145-158. ISBN 978-83-7283-665-6.
- [43] Nagy, L., Havelka, A., Kůs, Z., Jandová, S. Testing physiological comfort of functional clothing. *ACC JOURNAL.*, XIX (1/2013/Issue A), 2013, p. 85-93. ISSN 1803-9782.
- [44] Nagy, L., Havelka, A., Jandová, S., Kůs, Z. Physiological Comfort in Garments for Sport Activities and its Testing. Edited by: Qi Luo. *Sports Technology and Engineering*. CRC Press, Taylor & Francis Group, London, 2015, p. 347-351. ISBN 978-1-138-02698-8.

- [45] Nagy, L. & Havelka, A. Evaluation and Testing of Physiological Properties of the First Layer Garment for Sport Apparel. Edited by: Z. Dragčević. *ITC&DC Magic World of Textiles*. Dubrovnik: University of Zagreb, Faculty of Textile Technology, 2014, p. 300-306. ISBN 978-953-7105-54-9.
- [46] Havelka, A. & Nagy, L. *Objective Measurements of Physiological Comfort in Sports Garment*. Wuhan: The Textile Institute, 2014. The 89th Textile Institute World Conference - Textile Innovation from Fibre to Fashion. TIWC 2014. p. 863-867. ISBN 978-1-84626-xxx-x.
- [47] Nagy, L. Monitoring Physiological Comfort of Clothing in Laboratory Conditions. *8th International Conference - TEXSCI 2013*, Sept. 23-25, 2013, TUL, Liberec, Czech Republic, 2013.
- [48] Nagy, L. & Havelka, A. Evaluation of Physiological Properties of the First Layer Garment for Sport Apparel. *4th International Conference on Textile and Material Science TEXCO 2014*, Sept. 27-28, 2014.

10 Práce autora se vztahem ke studované problematice

10.1 Publikace v odborných časopisech

- [1] Nagy, L., Havelka, A., Kůs, Z., Jandová, S. Testing physiological comfort of functional clothing. *ACC JOURNAL.*, XIX (1/2013/Issue A), 2013, p. 85-93. ISSN 1803-9782.
- [2] Nagy L. and Havelka A.. Power is the problem - piezoelectric elements usage as an energy source for smart clothing. *Vlákna a textil (Fibres and Textiles)*, 20(1), 20-25, 2013, ISSN 1335-0617.

10.2 Příspěvek ve sborníku z konference, publikace a monografie

- [3] Nagy, L. & Havelka, A. Evaluation and Testing of Physiological Properties of the First Layer Garment for Sport Apparel. Edited by: Z. Dragčević. *ITC&DC Magic World of Textiles*. Dubrovnik: University of Zagreb, Faculty of Textile Technology, 2014, p. 300-306. ISBN 978-953-7105-54-9.
- [4] Havelka, A. & Nagy, L. *Objective Measurements of Physiological Comfort in Sports Garment*. Wuhan: The Textile Institute, 2014. The 89th Textile Institute World Conference - Textile Innovation from Fibre to Fashion. TIWC 2014. p. 863-867. ISBN 978-1-84626-xxx-x.
- [5] Jandová, S., Volf, P., Nagy, L. Pressure Distribution under the Feet on the Treadmill Walking with Unstable Shoes and Regular Running Shoes in Different Conditions. *7th Asia-Pacific Congress on Sports Technology*, Sept. 23-25, 2015, RMIT Europe, Barcelona, APCST 2015. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.07.256
- [6] Havelka, A., Adámek, K., Nagy, L., Kůs, Z. Transport properties of barrier textiles for sports and functional applications. Edited by: G. Bartkowiak & M. Pawlowa I. Frydrych. *Protective and Smart Textiles, Comfort and Well-Being*. Monograph, Lodz: Lodz University of Technology, 2015, p. 145-158. ISBN 978-83-7283-665-6.
- [7] Nagy, L., Havelka, A., Jandová, S., Kůs, Z. Physiological Comfort in Garments for Sport Activities and its Testing. Edited by: Qi Luo. *Sports Technology and Engineering*. CRC Press, Taylor & Francis Group, London, 2015, p. 347-351. ISBN 978-1-138-02698-8.
- [8] Odp. řešitel: A. Havelka a kol. „Fyziolog“ – *Inovace a monitorování fyziologických vlastností speciálních oděvů pro ozbrojené síly a oděvy pro zraněné a nemocné*, Závěrečná zpráva o realizaci projektu č. 907980. (člen řeš. týmu)

10.3 Příspěvky na konferencích

- [9] Nagy, L. Monitoring Physiological Comfort of Clothing in Laboratory Conditions. *8th International Conference - TEXSCI 2013*, Sept. 23-25, 2013, TUL, Liberec, Czech Republic, 2013.

- [10] Nagy, L. & Havelka, A. Evaluation of Physiological Properties of the First Layer Garment for Sport Apparel. *4th International Conference on Textile and Material Science TEXCO 2014*, Sept. 27-28, 2014.
- [11] Jandová, S., Volf, P., Nagy, L. Pressure Distribution under the Feet on the Treadmill Walking with Unstable Shoes and Regular Running Shoes in Different Conditions. *7th Asia-Pacific Congress on Sports Technology*, Sept. 23-25, 2015, RMIT Europe, Barcelona, APCST 2015. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.07.256

10.4 Citace

Případné citační ohlasy z nejvýznamnějších citačních databází (Web of Science, Scopus).

11 Curriculum Vitae



Europass životopis

Osobní údaje

Křestní jméno / Příjmení	Ladislav Nagy
Kontaktní adresa	Studentská 1402/2, 460 17, Liberec 1, Česká republika
Telefon	(+420) 485 35 3697
E-mail	ladislav.nagy@tul.cz
Národnost	slovenská
Datum narození	12. 10. 1981
Pohlaví	muž

Pracovní zkušenosti

Období	2/2015 – 9/2015
Vykonávaná pozice	Technický pracovník v oblasti výzkumu, v rámci projektu “Grammer” a projektu “Termotex”
Hlavní pracovní náplň a odpovědnost	Návrh metodiky pro subjektivní testování komfortu autosedaček, analýza a vyhodnocení. Testování a hodnocení termofyziologického komfortu první vrstvy oděvu.
Jméno a adresa zaměstnavatele	Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Studentská 1402, Liberec 461 17
Obor činnosti či odvětví	Textilní inženýrství
Období	9/2012 – 1/2015
Vykonávaná pozice	Administrátor projektu, v rámci projektu “Optimalizace studijních programů pro Fakultu textilní”
Hlavní pracovní náplň a odpovědnost	Příprava administrativních podkladů pro zajištění aktivit projektu, realizace klíčových aktivit projektu, technická a odborná podpora, lektor vzdělávacích aktivit, odborný konzultant.
Jméno a adresa zaměstnavatele	Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Studentská 1402, Liberec 461 17
Obor činnosti či odvětví	Textilní inženýrství
Období	1/2014 – 12/2014
Vykonávaná pozice	Technický pracovník v oblasti výzkumu, v rámci projektu “Aplikace nanomateriálů a progresivních technologií” (reg. č. CZ.1.05/3.1.00/14.0295)
Hlavní pracovní náplň a odpovědnost	Aplikace senzorů do Smart oděvů, testování spolehlivosti, ověření možnosti aplikace akceleračního čidla pro cyklisty s možností automatické signalizace.
Jméno a adresa zaměstnavatele	Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Studentská 1402, Liberec 461 17
Obor činnosti či odvětví	Textilní inženýrství

Období	1/2013 – 12/2013
Vykonávaná pozice	Laborant projektu “Fyzioprotech”- Technologická agentura ČR, program Alfa
Hlavní pracovní náplň a odpovědnost	Hodnocení fyziologických vlastností oděvů, zpracování rešerší, spoluautor průběžných zpráv a závěrečné zprávy projektu.
Jméno a adresa zaměstnavatele	Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Studentská 1402, Liberec 461 17
Obor činnosti či odvětví	Textilní inženýrství

Vzdělání, odborná příprava a školení

Období	2008 – dosud
Dosažená kvalifikace / titul	Doktorské studium
Hlavní předměty / profesní dovednosti	Doktorský studijní program Textilní inženýrství – textilní technika
Název organizace	Fakulta textilní – Technická univerzita v Liberci
Úroveň vzdělání v národní nebo mezinárodní klasifikaci	Vysokoškolské III. stupně
Období	2002 – 2008
Dosažená kvalifikace / titul	Vysokoškolský titul Ing.
Hlavní předměty / profesní dovednosti	Textilní inženýrství (kód: M3106) – obor Oděvní technologie (kód: 3106T005)
Název organizace	Fakulta textilní – Technická univerzita v Liberci
Úroveň vzdělání v národní nebo mezinárodní klasifikaci	Vysokoškolské II. stupně
Období	1996 – 2000
Dosažená kvalifikace	Maturita
Hlavní předměty / profesní dovednosti	Zaměření – Oděvnictví
Název organizace	Združená stredná škola, Gemerská 1, Košice 040 01
Úroveň vzdělání v národní nebo mezinárodní klasifikaci	středoškolské

Schopnosti, znalosti a dovednosti

Mateřský jazyk | slovenský jazyk

Další jazykové znalosti

Sebehodnocení

Evropská úroveň^{1*}

Angličtina

Němčina

Porozumění		Mluvený		Psaný
Poslech	Čtení	Ústní interakce	Samostatný ústní projev	Písemný projev
B1 pokročilý	B2 pokročilý	B1 pokročilý	B1 pokročilý	B1 pokročilý
A1 začátečník	A1 začátečník	-	-	-

¹ Společný evropský referenční rámec pro jazyky, © Evropská společenství, 2003, Více informací o Europass: <http://europass.cedefop.eu.int/>

Organizační schopnosti a dovednosti	Schopnosti a dovednosti nabyté při úspěšném řešení následujících projektů: – řešitel projektu Studentské grantové soutěže (2011), – člen spoluřešitelského týmu OVTECHUN20101 – FYZIOLOG – Inovace a monitorování fyziologických vlastností speciálních oděvů pro ozbrojené síly a oděvy pro zraněné a nemocné (2010-2012, MO0/OV).
Odborné zkušenosti	– 2009 – doposud: výzkum v oblasti textilií se zvýšeným fyziologickým komfortem uživatele se zaměřením na první vrstvu oděvu a způsoby jejich objektivního hodnocení při dlouhodobé zátěži, – 2008 – 2009: výzkum v oblasti Smart oděvů (nové aplikace, aplikace senzorů, tvorba vodivých drah).
Pedagogické zkušenosti	Vedení cvičení předmětů: Informatika a výpočetní technika 1, Informatika a výpočetní technika 2, Internet a zdravotnická informatika, Výroba oděvů.
Počítačové znalosti a dovednosti	Evropský počítačový pas – European Computer Passport "Xpert" (Windows, Word, Excel, Internet, Outlook), Linux, Borland Delphi, databázové aplikace, PHP, XHTML, CSS.
Další schopnosti, znalosti a dovednosti	Akadémia vzdelávania, Košice – certifikáty: jazykový certifikát - anglický jazyk, osvědčení z kurzu „Získanie zamestnaneckých zručností“, certifikát „Colný deklarant“. Jazykový certifikát – The Cambridge ESOL level B1. Certifikát ze školení TMV SS v oblasti termografie.
Řidičský průkaz	Skupina B

Stručná charakteristika dosavadní odborné, výzkumné a vědecké činnosti

Doktorské studium

Studium	Studium v prezenční formě doktorského studijního programu Textilní inženýrství, v oboru Textilní technika na Fakultě textilní Technické univerzity v Liberci. 2008-2013
	Studium v kombinované formě doktorského studijního programu Textilní inženýrství, v oboru Textilní technika na Fakultě textilní Technické univerzity v Liberci. 2013-2015
Seznam zkoušek	Vybrané partie z řešení diferenciálních rovnic a soustav, 26. 5. 2009.
	Přenos tepla v porézních strukturách, 30. 3. 2010.
	Transportní procesy při tvarování, 9. 10. 2009.
	Komfort funkčních oděvů, 15. 8. 2013.
SDZ	Státní doktorská zkouška vykonána dne 11. 07. 2014 s celkovým hodnocením prospěl.

Pedagogická činnost

Výuka	Vedení cvičení k předmětu - Informatika a výpočetní technika 1, ZS 2010 – 2015.
	Vedení cvičení k předmětu - Informatika a výpočetní technika, ZS 2012 – 2015.
	Vedení cvičení k předmětu - Informatika a výpočetní technika 2, LS 2010 – 2015.
	Vedení cvičení k předmětu - Internet a zdravotnická informatika, LS 2014, 2015.
	Vedení cvičení k předmětu - Výroba oděvů, LS 2012.

- Vedení DP a BP Lang J.: *Hodnocení komfortu fotbalových dresů*. Diplomová práce, Technická univerzita v Liberci (2015). (konzultant)
- Lidzhikova, E.: *Návrh metody hodnocení a testování komfortu sedáku s proměnným tlakovým profilem*. Bakalářská práce, Technická univerzita v Liberci (2015). (vedoucí práce)
- Výzkumné projekty** Administrátor projektu – OPTIS (CZ.1.07/2.2.00/28.0312), (2014-2015).
- Člen spoluřešitelského týmu OVTECHUN20101 – FYZIOLOG, (2010-2012).
- Technický pracovník – Aplikace nanomateriálů a progresivních technologií (CZ.1.05/3.1.00/14.0295), (2014).
- Laborant projektu “Fyzioprotech” – Technologická agentura ČR, program Alfa, (2013).
- SGS TUL - Monitorování a optimalizace fyziologických vlastností u vysoce funkčních oděvů, (2012).

Zápis o vykonání státní doktorské zkoušky



ZÁPIS O VYKONÁNÍ STÁTNÍ DOKTORSKÉ ZKOUŠKY (SDZ)

Jméno a příjmení doktoranda: **Ing. Ladislav Nagy**
Datum narození: **12. 10. 1981**
Doktorský studijní program: **Textilní inženýrství**
Studijní obor: **Textilní technika**
Termín konání SDZ: **11. 7. 2014**

prospěl

neprospěl

<i>Komise pro SDZ:</i>		<i>Podpis</i>
Předseda:	prof. Ing. Jiří Militký, CSc.	OMLUVEN
Místopředseda:	prof. Ing. Karel Adámek, CSc.	
Členové:	doc. Ing. Josef Dvořák, CSc.	
	Ing. Blanka Tomková, Ph.D.	Tomkova'
	Ing. Petra Komárková, Ph.D.	Komarkova'

V Liberci dne 11. 7. 2014

O průběhu SDZ je veden protokol.



Vyjádření školitele doktoranda

Posudek školitele disertační práce

Uchazeč: Ing. Ladislav Nagy

Název disertační práce: Hodnocení fyziologických vlastností první vrstvy oděvů

Školící pracoviště: TUL, FT, Katedra oděvnictví

Školitel: Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc

Aktuálnost tématu disertační práce

Vlastnosti které ovlivňují fyziologický komfort oděvů jsou předmětem rozsáhlého zájmu výzkumníků, ale zejména spotřebitelů kteří preferují funkční oděvy, které nabízí lepší užité vlastnosti i za vyšší ceny. Tyto vlastnosti jsou kategorickým imperativem pro profesní oděvy, protože ovlivňují jak pocity a vnímání oděvů, ale zejména reálný výkon a soustředěnost nositele oděvů. Proto téma považuji za velmi potřebné a aktuální.

vynikající		nadprůměrný	x	průměrný		podprůměrný		slabý	
------------	--	-------------	---	----------	--	-------------	--	-------	--

Splnění cílů disertační práce

Cíle práce jsou definovány na základě rešerše (literатурní odkazy mající 41 titulů) a sledují základní aspekty analyzující problematiku komfortu oděvů a možností hodnocení a vytipování vlastností, které jsou pro komfort oděvů rozhodující. V definovaných cílech jsou vybrány nejdůležitější faktory ovlivňující hodnocení probandů při definované zátěži. Cíle definované v objektivním (přístrojovém) hodnocení a subjektivním hodnocení s probandy byly splněny.

vynikající		nadprůměrný		průměrný	x	podprůměrný		slabý	
------------	--	-------------	--	----------	---	-------------	--	-------	--

Metody a postupy řešení

Doktorand v dané problematice provedl řadu výzkumných prací, zejména v rámci řešených projektů na KOD FT na kterých spolupracoval. Provedl poměrně dobrou rešerši týkající se komfortu oděvů. Na konferencích nejen získával vědomosti o dané problematice, ale také aktivně reprezentoval své dosavadní výsledky. Práce má logickou strukturu v úvodních kapitolách popisuje komfort oděvů a transportní jevy a popisuje experimentální techniky vhodné k měření a komentuje výhody a nevýhody. Závěr práce je uzavřen porovnáním subjektivního a objektivního hodnocení komfortu oděvů.

vynikající		nadprůměrný		průměrný	x	podprůměrný		slabý	
------------	--	-------------	--	----------	---	-------------	--	-------	--

Výsledky disertace - konkrétní přínosy disertanta

Přínos práce vidím ve dvou rovínkách. V první rovině doktorand prezentuje možnosti měření veličin ovlivňující oděvní komfort, v druhé rovině se snaží zmapovat pocity probandů a porovnání s naměřenými hodnotami první části.

V praktické oblasti vidím přínos zejména ve výsledcích uvedených v kapitole 7 shrnující výsledky.

vynikající		nadprůměrný		průměrný	x	podprůměrný		slabý	
------------	--	-------------	--	----------	---	-------------	--	-------	--

Význam pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

Význam pro praktické využití spočívá v modelovém objasnění faktorů ovlivňujících komfort. V analýze se doktorand věnuje podstatným aspektům, které jsou náplní dané oblasti nebo ji ovlivňují.

vynikající		nadprůměrný		průměrný	x	podprůměrný		slabý	
------------	--	-------------	--	----------	---	-------------	--	-------	--

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

Disertace je srozumitelná, má běžně používanou strukturu, která odpovídá stanoveným cílům práce. Způsob vyjadřování je jasný, srozumitelný, jednoznačný. Práci považuji za zpracovanou přehledně, pečlivě, srozumitelně.

vynikající		nadprůměrný	x	průměrný		podprůměrný		slabý	
------------	--	-------------	---	----------	--	-------------	--	-------	--

Připomínky:


Drobnou připomínku mám k zdlouhavému postupu řešení, ale i k obtížnému hledání podstaty problému, nakonec však práce byla splněna a odevzdána a jsem rád, že mohu konstatovat, že disertace splnila deklarovaná cíle.

Závěrečné zhodnocení disertace:

Konstatuji, že práce splňuje požadavky, které jsou v disertaci kladené. Proto jako školitel doporučuji práci děkanovi FT k obhajobě.

--	--	--

V Liberci dne 02.12. 2015


Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.
školitel
.....

Oponentské posudky disertační práce

Posudek doktorské disertační práce

Řešitel: **Ing. Ladislav Nagy**

Název disertační práce: **Hodnocení fyziologických vlastností první vrstvy oděvu**

Oponent: **Prof. Ing. Karel Adámek, CSc.**

Aktuálnost zvoleného tématu

Termofyziologické vlastnosti oděvních textilií a jejich kombinací jsou důležitým podkladem pro návrh a aplikace funkčního oblečení pro náročné pracovní a sportovní aplikace i pro rekreační aktivity.

Cíl práce

Hlavním cílem práce je testování a hodnocení oděvního komfortu, zúžené na první vrstvu oděvu, přiléhajícího na povrch těla, a to dvěma způsoby – měření pomocí přístrojů a reálné testování zkušební osobou.

Zvolené metody zpracování a postup řešení

Podle zadání práce jsou použity dva hlavní postupy – objektivní hodnocení oděvního komfortu pomocí laboratorních přístrojů a subjektivní hodnocení testovacími osobami při jejich fyzické aktivitě. Postup řešení je logický a je přehledně popsán v jednotlivých kapitolách.

První část práce je rešeršní. Kap. 1 shrnuje poznatky o oděvu a komfortu, kap. 2 popisuje transportní procesy u oděvů, především propustnost vlhkosti a tepelně izolační vlastnosti a kap. 3 popisuje možnosti hodnocení fyziologického komfortu.

V další rozsáhlé kap. 4 je popis a shrnutí provedených experimentů se souborem trik, a to jak subjektivní - zkoušenou osobou při fyzické zátěži, tak objektivní - pomocí laboratorních přístrojů.

V doplňující kap. 5 jsou stručně uvedeny výsledky simulace přestupu tepla přes sledovanou první vrstvu oděvu.

Shrnující kap. 6 uvádí porovnání subjektivního a objektivního hodnocení první vrstvy oděvu a podobně kap. 7 shrnuje výsledky experimentální části.

Zhodnocení výsledků dosažených disertantem

Složitá problematika přestupu tepla a přenosu hmoty přes textilní vrstvu je řešená dvěma způsoby. Pro exaktní měření vybraných užitných vlastností s pomocí laboratorních přístrojů byly z mnoha možných parametrů textilie vytipované ty nejdůležitější, které se měřily. Každý měřený parametr poskytuje určité informace o zkoušené textilii, bylo by vhodné poskytnout komplexní pohled na zkoušenou textilii z hlediska jejího použití v oděvu. Proto bylo provedeno i subjektivní testování vybraných vzorků při reálném použití. Pro velký rozsah sledovaných vzorků byla použita jen jedna testovací osoba, takže výsledky lze použít jen jako ilustraci vhodného a vyzkoušeného postupu, aplikovatelného následně na statisticky významný počet osob v souboru.

Hlavní výsledek korelace experimentu a subjektivního hodnocení ukazuje nejvhodnější druhy vzorků pro sledovaný účel.

Význam pro praxi nebo rozvoj vědního oboru

Práce naznačuje postup, jak dosáhnout korelace mezi exaktní měřicí metodou a subjektivním hodnocení textilie. V budoucnu by bylo možné na základě změřených parametrů textilie

předpovídat vhodnost sledovaného vzorku pro určitý druh použití. Tyto postupy jsou doplněny ještě dalšími úvahami.

Publikační aktivita disertanta

Za přílohami je uvedeno 8 publikací autora, které se vztahují k tématu předložené disertační práce.

Formální úprava a jazyková úroveň

Práce má dobrou formální úroveň, je přehledně a logicky členěná na část rešeršní, exaktní experimentální a subjektivní experimentální a závěrečnou část. Rovněž použitá vyobrazení jsou přehledná a přispívají k celkové srozumitelnosti textu.

Práce má 100 str. textu + 14 str. příloh, ve kterých jsou uvedeny některé rozsáhlejší tabulky, které by snížily přehlednost celkového textu.

Dotazy a připomínky k disertační práci

Zajímavá je kvalitativní podobnost časového průběhu relativní vlhkosti vzduchu v mezivrstvě pokožka – vzorek při průběhu reálného zátěžového testu (obr. 4.8) a časový průběh vývoje tepelného indexu WBGT (obr. 4.10). Bylo by možné na základě dosavadních zkušeností tento parametr považovat za etalon a nahradit tak dlouhodobé a značně subjektivní testy?

Vysoká relativní vlhkost vzduchu (tamtéž, obr. 4.8) má určitě při reálném použití v chladnějším ročním období za následek za následek kondenzaci vody pod svrchní vrstvou, která je nepropustná pro kapalnou vodu a pro vítr. Tím se zhorší tepelně izolační vlastnosti vložené střední vrstvy. Je to zřejmě závažné téma pro další pokračování.


Poslední 2 strany za přílohami shrnují důležitá fakta – původní výsledky a jejich uplatnění, doporučení pro pokračování práce a publikační aktivitu disertanta. Zřejmě to mělo být zařazeno v závěru textu práce ještě před přílohami.

Závěrečné hodnocení

Předložená disertační práce splnila předmět a cíle, stanovené v úvodu práce. Splňuje požadavky kladené na disertační práce, a proto ji doporučuji k obhajobě a

po úspěšné obhajobě disertační práce doporučuji udělení titulu Ph.D.

V Liberci dne 16.10.2015


Prof. Ing. Karel Adámek, CSc.
VÚTS Liberec

Prof. **Jaroslav Šesták**, PhD., DrSc., Dr.h.c.
Emeritus Scientist, the Czech Academy of Sciences in Prague
Program Auspice, West Bohemian University, Institute of Interdisciplinary Studies
Visiting professor, New York State University, Business School in Prague



♥ V stráni 3, CZ-15000 Praha 5, tel (+420) (2) 57214234,
Institute of Physics, Cukrovarnická 10, CZ-16253 Praha 6,
Email: sestak@fzu.cz, +420 2 fax 33343184 tel 20318559 ♣

Fakulta textilní TUL

Komise pro obhajoby disertačních prací v oboru

Textilní technika

Technická universita v Liberci

Hálkova 6

46117 Liberec

V Praze dne 30. listopadu 2015

Věc: Oponentský posudek dizertační práce Ing. Ladislava Nagy

“Hodnocení fyziologických vlastností první vrstvy oděvu“

Práce obsahuje 98 stran, 41 citací a 5 stran příloh, je napsána přehledně a ukazuje autorův dobrý nadhled nad problematikou v oblasti, která za posledních dvacet let nabyla nejen značný objem experimentálních výsledků, ale stává se i středem teoretické práce.

Dizertace je hezky upravená a dobře se čte a ve své struktuře je přístupná nejen odborníkům úzce specializovaným a v oblasti výpočtů a interpretace těchto dat a tak poskytuje řadu zajímavých informací jak z oblasti oděvního komfortu tak z oblasti prodyšnosti textilií, což mě jako bývalého aktivního horolezce zejména zaujímá. Práce obsahuje řadu údajů přenesených z cizojazyčné literatury a je jen škoda, že dizertant nenapsal celou práci v angličtině.

V práci postrádám klasickou část diskuze, která by vymezovala vlastní názor dizertanta na optimalizaci postupů, včetně odhadů perspektivy dalšího vývoje modelování, kde bych zejména ocenil pasáže zabývající se oblastí mesoscopického uspořádání.

K práci mám následující dotazy:

Str viii - Q teplo je v J a pokud s časem jedná se o tepelný tok.

str 18 – chybí původní citace přenosu tepla: J.B. Fourier “*Theorie analytique de la chaleur*” Paris, 1822 a matematická charakterizace tepelného toku $Q' = k\Delta T$ buď kondukcí $\approx \nabla T$, konvekcí $\approx (T - T_\infty)$ nebo radiací $\approx (T^4 - T_\infty^4)$

str 22 – chybí zmínka na sebeobranu organismu při podchlazení postupným omezováním krevního toku: končetiny \Rightarrow vnitřní okruh.

str 28 - difúze citovat originální článek: A.E. Fick “*On liquid diffusion*” London, Edinburgh and Dublin Philos. Mag. & J. Science 10 (1855) 30; “*Über Diffusion*” Annalen der Phys. Chem. von Pogendorff 94 (1855) 59

str 28 - V literatuře je tepelná jímavost ve formě odmocniny z tepelné vodivosti,, kapacity a hustoty označována jako tepelná inerce, viz J. Wang, etal: *A simple method for the estimation of thermal inertia*. GEOPHYS. RESEAR. LETT., 37 (2010) L05404 (doi:10.1029/2009GL041851)

Celkově jsem s prací nadmíru spokojen, zpracováním a náplní hodnotím a zařazuji práci do lepšího průměru úrovní dizertačních prací odevzdávaných v souvisejících oborech

Práce splňuje požadavky kladené na dizertační práce jak MŠMT tak TU Liberec a proto

doporučuji

práci k obhajobě a dizertanta k udělení titulu PhD.

S přátelským pozdravem

Jaroslav Šesták

